CAHAYA

Dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains

Disusun atas kerja sama

Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an
Badan Litbang dan Diklat Kementerian Agama RI
dengan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)

Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an
Badan Litbang dan Diklat
Kementerian Agama Republik Indonesia

"Dengan nama Allah yang Maha Pengasih, Maha Penyayang"

CAHAYA
Dalam Perspektif Al-Qur’an dan Sains

Cetakan Pertama, Rabiul Awal 1438 H/November 2016 M

Oleh:
Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur’an
Gedung Bayt Al-Qur’an dan Museum Istiqlal
Jl. Raya TMII Pintu I Jakarta Timur 13560
Website: lajnah.kemenag.go.id
Email: lpmajkt@kemenag.go.id
Anggota IKAPI DKI Jakarta

Disusun atas kerja sama:
Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur’an
Badan Litbang dan Diklat Kementerian Agama RI
dengan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)

Diterbitkan dengan biaya DIPA Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur’an Tahun 2016
Sebanyak : 1000 Eksemplar
Ukuran : 17,5 x 25 cm
ISBN : 978-979-111-021-1

PEDOMAN TRANSLITERASI ARAB-LATIN

Keputusan Bersama Menteri Agama dan Menteri P dan K
No. 158 tahun 1987 — Nomor 0543/b/u/1987

1. Konsonan

No.	Arab	Latin
1	ا	Tidak dilambangkan
2	ب	b
3	ت	t
4	ث	ṡ
5	ج	j
6	ح	ḥ
7	خ	kh
8	د	d
9	ذ	ż
10	ر	r
11	ز	z
12	س	s
13	ش	sy
14	ص	ṣ
15	ض	ḍ
16	ط	ṭ
17	ظ	ẓ
18	ع	‘
19	غ	g
20	ف	f
21	ق	q
22	ك	k
23	ل	l
24	م	m
25	ن	n
26	و	w
27	هـ	h
28	ء	‘
29	ي	y

2. Vokal Pendek

ـَـــ	= a	كَتَبَ	kataba
ـِـــ	= i	سُئِلَ	su`ila
ـُـــ	= u	يَذْهَبُ	yażhabu

3. Vokal Panjang

ـَا	= ā	قَالَ	Qāla
ـِى	= ī	قِيْلَ	Qīla
ـُو	= ū	يَقُوْلُ	Yaqūlu

4. Diftong

ـَى	= ai	كَيْفَ	kaifa
ـَوْ	= au	حَوْلَ	ḥaula

بسم الله الرحمن الرحيم

تنـدا تصحيح

NO: 1721/LPMQ.01/TL.02.1/11/2016
Kode: A12A-II/U/1/XI/2016

لجنه فنتصحيحن مصحف القرآن كمنتريان اݢام ريفوبليك اندونيسيا تله منتصحيح أية-أية القرآن دالم بوكو التفسير العلمي دڠن تيما "چاهايا دالم فرسفكتف القرآن دان سينس" يڠ دتربتكن اوله لجنه فنتصحيحن مصحف القرآن بادن لتبڠ دان ديكلت كمنتريان اݢام ريفوبليك اندونيسيا.

اكورن : ١٤،٥ x ٢٤ س م

جاكرتا، ٢٥ صفر ١٤٣٧ ه

٢٥ نوفمبر ٢٠١٦ م

تيم فلاكسنا فنتصحيحن مصحف القرآن

كتوا

دكتور حاج مخلص محمد حنفي

سكرتاريس

دكتور حاج احسن سخاء محمد

اڠݢوتا:

١- دكتور حاج عبد المهيمن زين
٢- دكتور حاج احمد فطاني
٣- دكتور حاج علي نوردين
٤- دكتور حاج احمد حسن الحكيم
٥- دكتور حاج بنيامن يوسف سرور
٦- دكتور حاجة رملة ويدايتي
٧- دكتور حاجة ام حسن الخاتمة
٨- الاستاذ حاج محمد صاحب طهر
٩- الاستاذ حاج أ. بدري يونردي
١٠- الاستاذ حاج مزمور شعراني
١١- الاستاذ حاج محمد شاطبي الحقير
١٢- الاستاذ حاج عبد العزيز صدقي
١٣- الاستاذ حاج فخر الرازي عبد الله
١٤- الاستاذ حاج احمد خطيب حميد
١٥- الاستاذ احمد زيني نور
١٦- الاستاذ حاج باكوس فورنما امين
١٧- الاستاذ حاج امام متقين مسلم
١٨- الاستاذ احمد نور قمري عزيز
١٩- الاستاذة ليزا محزوما محمد لازم
٢٠- الاستاذة حاجة ايدا زلفيا خير الدين
٢١- الاستاذ انطان جيلاني رشيد
٢٢- الاستاذ مصطفى اجف
٢٣- الاستاذ احمد منور حسن
٢٤- الاستاذ عبد الحكيم شكري
٢٥- الاستاذ حاج زركشي عفيف
٢٦- الاستاذ سيف الدين
٢٧- الاستاذ صالح محمد طه
٢٨- الاستاذة سميعة خطيب
٢٩- الاستاذة حاجة حكماواتي

http://tashih.kemenag.go.id

SAMBUTAN DAN KATA PENGANTAR

MENTERI AGAMA RI

KEPALA BADAN LITBANG DAN DIKLAT
KEMENTERIAN AGAMA RI

KEPALA LAJNAH PENTASHIHAN MUSHAF AL-QUR’AN
KEMENTERIAN AGAMA RI

KEPALA LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA
(LIPI)

MEMAHAMI ISYARAT-ISYARAT ILMIAH
AL-QUR’AN: SEBUAH PENGANTAR

SAMBUTAN MENTERI AGAMA RI

Dengan memanjatkan puji dan syukur ke hadirat Allah saya menyambut baik penerbitan Tafsir Ilmi yang disusun oleh Tim Penyusun Tafsir Ilmi, Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an, Badan Litbang dan Diklat, Kementerian Agama RI, bekerja sama dengan Lembaga Ilmi Pengetahuan Indonesia (LIPI).

Tafsir Ilmi, atau penafsiran Al-Qur'an dengan pendekatan ilmiah, merupakan salah satu bentuk tafsir yang digunakan untuk memahami ayat-ayat kauniyah, ayat-ayat kosmologi, baik yang tertulis dalam kitab suci maupun yang terbentang di alam raya. Penafsiran ilmiah terhadap ayat-ayat sains dalam Al-Qur'an dimungkinkan karena Al-Qur'an tidak hanya mengandung ilmu agama, tetapi juga ilmu-ilmu umum, termasuk ilmu alam, cikal bakal sains dan teknologi.

Al-Qur'an yang diturunkan berabad-abad yang lalu tidak hanya menyeru umat untuk membaca tanda-tanda kebesaran Tuhan, tetapi juga melalui data-data ilmiah di alam raya ciptaan-Nya. Al-Qur'an tidak hanya ditujukan untuk masyarakat Arab di masa Nabi Muhammad saja, akan tetapi mencakup seluruh umat manusia setelahnya, termasuk masyarakat era modern kontemporer dengan segala peradabannya yang maju dan kian canggih. Karena itu, tafsir corak ini dapat membantu mengonfirmasi kebenaran Al-Qur'an, sekaligus menjadikannya landasan moral dan etik bagi peradaban modern. Tafsir perspektif sains memungkinkan Al-Qur'an selalu hadir di tengah masyarakat pada setiap zaman dan ruang, *ṣāliḥ likulli zamān wa makān*, kapan pun dan di mana pun.

Meski masih terdapat perdebatan

apakah ia termasuk jajaran karya tafsir atau bukan, kehadiran Tafsir Ilmi diyakini dapat memperkaya wawasan keagamaan yang dibutuhkan masyarakat. Saya berharap penerbitan karya tafsir dengan genre ini dapat membantu masyarakat untuk menempatkan Al-Qur’an dan ilmu pengetahuan, antara akal dan wahyu, dalam relasi yang tidak saling bertentangan. Hubungan Al-Qur’an dan ilmu pengetahuan haruslah diletakkan dalam bingkai saling bersinergi dan saling menguatkan. Hanya dengan pemahaman seperti itu, tugas kebangsaan untuk membangun manusia seutuhnya sebagai hamba Allah yang taat dan sebagai *khalīfah fī al-arḍ* yang memakmurkan bumi dan menyejahterakan warganya, dapat lebih mudah dilaksanakan. Saya berharap penerbitan buku ini menjadi bagian tak terpisahkan dari upaya kita memberikan layanan keagamaan kepada masyarakat dalam kerangka meningkatkan kualitas kehidupan beragama sebagai ikhtiar pembangunan bangsa.

Saya menyampaikan penghargaan yang tinggi dan terima kasih yang tak terhingga kepada pihak-pihak yang telah membantu penyusunan karya berharga Tafsir Ilmi ini dengan topik-topik menarik, serta penerbitannya dalam beberapa buku. Mudah-mudahan kehadiran buku ini memberi manfaat dalam upaya menyiapkan generasi penerus bangsa yang mampu mengembangkan Iptek (ilmu pengetahuan dan teknologi) dan Imtak (iman dan takwa) di tengah tantangan modernisasi dan globalisasi untuk masa depan bangsa Indonesia.

Jakarta, November 2016
Menteri Agama RI,

Lukman Hakim Saifuddin

SAMBUTAN
KEPALA BADAN LITBANG DAN DIKLAT
KEMENTERIAN AGAMA RI

Pandangan ilmiah Islam meyakini bahwa Allah merupakan sumber segala ilmu. Al-Qur'an yang merupakan wahyu Allah adalah sumber dan rujukan utama ilmu pengetahuan di semesta raya. Ajarannya memuat semua inti ilmu pengetahuan, baik yang menyangkut ilmu umum maupun ilmu agama. Ilmu pengetahuan (sains) disampaikan melalui berbagai fenomena sosial dan alam semesta yang terhampar di hadapan kita, mulai dari galaksi, bumi, daratan, samudra, manusia, hewan, tumbuhan, atom sebagai unsur terkecil, jasad renik sebagai makhluk terkecil, hingga gunung, cahaya, dan fenomena-fenomena kejiwaan manusia.

Albert Einstein mengatakan bahwa, "*science without religion is blind, and religion without science is lame*" (ilmu tanpa agama adalah buta dan agama tanpa ilmu adalah lumpuh). Iman hanya akan bertambah dan menguat jika disertai ilmu pengetahuan. Tafsir Ilmi Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an merupakan suatu upaya mengintegrasikan sains dan agama. Ayat-ayat Al-Qur'an mengandung berbagai ilmu pengetahuan yang menjadi jawaban atas berbagai problematika manusia. Agama dan sains menunjuk pada realitas sejati yang sama, yaitu Allah, sumber dari segala kebenaran.

Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an sejak masih berbentuk tim ad hoc tahun 1957 hingga menjadi satuan kerja tersendiri pada tahun 2007 di lingkungan Badan Litbang dan Diklat Kementerian Agama terus berupaya menjadi gerbang utama dalam menjaga dan mengkaji Al-Qur'an. Ayat-ayat Al-Qur'an mengandung kekayaan khazanah ilmu yang luas, konkret, dan

ilmiah sepanjang masa, sebagai sumber ilmu yang tidak akan habis digali.

Kehadiran buku Tafsir Ilmi pada tahun 2016 ini diharapkan mampu memenuhi kebutuhan masyarakat akan penafsiran ilmu agama serta memotivasi masyarakat untuk bersungguh-sungguh mencari dan mempelajari ilmu pengetahuan, sebagai sarana untuk semakin mendekatkan diri kepada Allah.

Penghargaan dan ucapan terima kasih yang setinggi-tingginya kami sampaikan atas kontribusi para ulama dan pakar yang berasal dari LIPI, LAPAN, Observatorium Bosscha ITB, dan para pakar lainnya, serta tim penyusun Tafsir Ilmi. Semoga kerja keras tim Tafsir Ilmi Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an dengan berbagai tema sains yang telah dihasilkannya mampu menjadi ladang pahala di akhirat kelak.

Jakarta, November 2016
Kepala Badan Litbang dan Diklat

Abd. Rahman Mas'ud

SAMBUTAN
KEPALA LAJNAH PENTASHIHAN MUSHAF AL-QUR'AN KEMENTERIAN AGAMA RI

Sebagai salah satu wujud upaya peningkatan kualitas pemahaman, penghayatan, dan pengamalan ajaran Islam (Al-Qur'an) dalam kehidupan bermasyarakat, berbangsa, dan bernegara, Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an Badan Litbang dan Diklat Kementerian Agama RI pada tahun 2015 telah melaksanakan kegiatan kajian dan penyusunan Tafsir Ilmi atau Tafsir Ayat-ayat Kauniyah. Metode yang diterapkan dalam kajian dan penyusunan tafsir ini serupa dengan metode yang digunakan dalam kajian dan penyusunan Tafsir Tematik. Sebagai langkah awal, ayat-ayat yang terkait dengan sebuah persoalan dihimpun untuk selanjutnya dianalisis dalam rangka menemukan pandangan Al-Qur'an yang utuh menyangkut persoalan tersebut. Hanya saja, Tafsir Tematik yang saat ini juga sedang dikembangkan oleh Kementerian Agama menitikberatkan bahasannya pada persoalan akidah, akhlak, ibadah, dan sosial, sedangkan Tafsir Ilmi fokus pada kajian saintifik terhadap ayat-ayat kauniyah dalam Al-Qur'an.

Dalam beberapa tahun terakhir telah terwujud kerja sama yang baik antara Kementerian Agama dengan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) dalam upaya menjelaskan ayat-ayat kauniyah dalam rangka penyempurnaan buku *Al-Qur'an dan Tafsirnya*. Hasil kajian ayat-ayat kauniyah ini dimasukkan ke dalam tafsir tersebut sesuai tempatnya sebagai tambahan penjelasan atas tafsir yang ada, yang disusun berdasarkan urutan mushaf.

Kerja sama dua instansi ini berlanjut ke arah kajian dan penyusunan Tafsir Ilmi semenjak tahun 2009 silam. Hingga saat ini sudah ada 16 (enam be-

las) judul buku yang berhasil disusun dan diterbitkan. Lantas, kegiatan kajian dan penyusunan Tafsir Ilmi Tahun Anggaran 2015 menghasilkan tiga tema yang diterbitkan pada tahun 2016 ini. Ketiganya adalah:

1. *Fenomena Kejiwaan Manusia dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*;
2. *Cahaya dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*; dan
3. *Gunung dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*.

Tim kajian dan penyusunan Tafsir Ilmi terdiri atas para pakar dengan latar belakang keilmuan yang berbeda dan dibagi ke dalam dua kelompok. *Pertama*, mereka yang menguasai persoalan kebahasaan dan hal lain yang terkait penafsiran Al-Qur'an, seperti *asbabun-nuzul, munasabatul-ayat*, riwayat-riwayat dalam penafsiran, dan ilmu-ilmu keislaman lainnya. *Kedua*, mereka yang menguasai persoalan-persoalan saintifik, seperti fisika, kimia, geologi, biologi, astronomi, dan lainnya. Kelompok pertama disebut Tim Syar'i, dan yang kedua disebut Tim Kauni. Keduanya bersinergi dalam bentuk *ijtihad jama'i* (ijtihad kolektif) untuk menafsirkan ayat-ayat kauniyah dalam Al-Qur'an. Tim penyusun Tafsir Ilmi tahun 2015 terdiri atas:

Narasumber:
1. Prof. Dr. H. Umar Anggara Jenie, Apt. M.Sc.
2. Prof. Dr. H. M. Atho Mudzhar, MA.
3. Prof. Dr. H. Thomas Djamaluddin

Pengarah:
1. Kepala Badan Litbang dan Diklat Kementerian Agama RI
2. Kepala Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
3. Kepala Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an

Ketua:
Prof. Dr. H. Hery Harjono

Wakil Ketua:
Dr. H. Muchlis M. Hanafi, MA

Sekretaris:
Prof. Dr. H. Muhammad Hisyam

Anggota:
Prof. Safwan Hadi, Ph.D
Prof. Dr. H. Rosikhon Anwar, MA
Prof. Dr. H. M. Darwis Hude, M.Si
Prof. Dr. H. E. Syibli Syarjaya, LML., MM
Dr. H. Muchlis M. Hanafi, MA
Dr. H. Ahsin Sakho Muhammad, MA
Dr. H. Moedji Raharto
Dr. Ir. H. Hoemam Rozie Sahil
Dr. Ir. M. Rahman Djuwansah
Dr. Ali Akbar
Drs. H. Muhammad Shohib, MA
H. Zarkasi, MA

Staf Sekretariat:
Arum Rediningsih M.AB; Muhammad Musadad, S.Th.I.; Muhammad Fatichuddin, S.S.I.; Jonni Syatri, MA; Bisri Mustofa, S.Ag; dan Harits Fadlly, MA.

Mengingat kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi yang sangat cepat dan menuntut pemahaman yang komprehensif atas ayat-ayat Al-Qur'an, kami berharap kajian dan penyusunan Tafsir Ilmi ini dapat berlanjut seiring dengan dinamika yang terjadi dalam masyarakat.

Akhirnya, kami sampaikan terima kasih yang tulus kepada Menteri Agama yang telah memberi petunjuk dan dukungan bagi penyusunan Tafsir Ilmi ini. Kami juga menyampaikan terima kasih yang dalam kepada Kepala Badan Litbang dan Diklat atas saran dan dukungannya bagi terlaksananya tugas ini. Penghargaan dan ucapan terima kasih kami sampaikan pula kepada para ulama dan pakar, khususnya dari Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), Observatorium Bosscha Institut Teknologi Bandung (ITB), dan para pakar lainnya yang telah terlibat dalam penyusunan Tafsir Ilmi ini. Semoga karya yang dihasilkan bermanfaat bagi masyarakat muslim Indonesia khususnya dan masyarakat muslim dunia pada umumnya, serta dicatat dalam timbangan amal saleh.

Jakarta, November 2015
Kepala Lajnah
Pentashihan Mushaf Al-Qur'an

Muchlis Muhammad Hanafi

SAMBUTAN KEPALA LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA (LIPI)

A*lḥamdu lillāhi rabbil ‘ālamīn* kita panjatkan syukur ke hadirat Allah atas terbitnya buku seri keenam tafsir ayat-ayat kauniyah, hasil kerja sama antara Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur’an Badan Litbang dan Diklat Agama Kementerian Agama Republik Indonesia dengan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Seri keenam ini terdiri atas tiga judul, yakni *Fenomena Kejiwaan Manusia dalam Perspektif Al-Qur’an dan Sains, Cahaya dalam Perspektif Al-Qur’an dan Sains,* dan *Gunung dalam Perspektif Al-Qur’an dan Sains*. Pada tahun ini kerja sama antara Kementerian Agama dengan LIPI telah berjalan lebih dari 10 tahun dan telah menghasilkan 26 jilid buku.

Ini menunjukkan bahwa pemerintah secara sungguh-sungguh memberi perhatian terhadap upaya pelayanan kepada umat beragama, khususnya Islam, dalam meneliti dan mengembangkan pemahaman terhadap kitab sucinya, baik menurut dimensi *dietic* maupun dimensi empirisnya. Pengembangan keilmuan dalam Islam sudah sejak awal ditempuh, tidak saja dengan cara menjelaskan teks kitab suci bersama hadisnya, melainkan juga melalui metode yang mensyaratkan adanya pembuktian empiris. Itulah yang disebut oleh filsuf Maroko kontemporer, Muḥammad ‘Ābid al-Jābiriy, sebagai epistemologi *bayāniy* dan epistemologi *burhāniy*. Buku-buku yang dihasilkan dari kegiatan yang secara populer disebut sebagai “Tafsir Ilmi” ini mencerminkan kerja para pelakunya, yaitu para ulama dan para saintis. Ulama adalah para ilmuwan yang bekerja berdasarkan epistemologi *bayāniy*, sedangkan saintis adalah para ilmuwan yang bekerja berdasarkan pada epistemologi *burhāniy*.

Walaupun "Tafsir Ilmi" bukan gejala baru, tetapi dalam pandangan masyarakat luas di Indonesia buku-buku yang dihasilkan dari kegiatan ini diapresiasi sebagai terobosan baru. Meski demikian, ada pula segelintir orang yang melihat pencarian titik temu antara kitab suci dengan sains sebagai usaha sekadar cocok-mencocokkan atau dalam bahasa Jawa dikenal sebagai "*othak athik gathuk*". Memang, ada pandangan ahli yang mengatakan bahwa dalam melihat hubungan antara sains dengan agama perlu memperhatikan semua kemungkinannya, apakah berupa konflik, kontras, kontak, atau konfirmasi. Bisa jadi memang demikian, tetapi bagi orang Islam ada keyakinan yang kuat bahwa kitab suci anutannya, Al-Qur'an, mengandung kebenaran mutlak. Oleh karena itu, jika mungkin ditemukan dalam buku-buku yang dihasilkan dari kegiatan "Tafsir Ilmi" ini sesuatu yang kontras atau konflik, maka harus dilihat bahwa ilmu pengetahuan empiris bisa salah karena pengamatan manusia itu bersifat terbatas. Oleh karena itu, masuk akal jika kebenaran dalam ilmu pengetahuan empiris harus bersifat konfirmatif, yang berarti harus ada persesuaian antara yang dinyatakan dengan yang dialami. Sementara itu, kebenaran Al-Qur'an bersifat universal, meliputi semua dimensi empiris, rasional, maupun nonrasional atau *'irfāniy*.

Pada akhirnya, saya menyampaikan ucapan terima kasih kepada Kepala Badan Litbang dan Diklat Kementerian Agama dan Kepala Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an yang telah memprakarsai dan memfasilitasi penulisan buku ini. Kami juga menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada semua pihak yang telah berusaha melahirkan buku-buku ini. Secara khusus, terima kasih saya sampaikan kepada para penulis, yang dalam lingkungan terbatas disebut Tim Syar'iy dan Tim Kauniy. Tim Syar'iy terdiri atas sejumlah ulama Al-Qur'an, yaitu Prof. Dr. M. Atho Mudzhar; Dr. Ahsin Sakho Muhammad; Prof. Dr. E. Syibli Syardjaya; Dr. Muchlis M. Hanafi; Prof. Dr. M. Darwis Hude; Prof. Dr. Rosikhon Anwar, MA; Drs. H. Muhammad Shohib; dan Zarkasi, MA; serta Tim Kauniy yang terdiri atas para saintis, yaitu Prof. Dr. Umar Anggara Jenie; Prof. Dr. Hery Harjono; Prof. Dr. Muhamad Hisyam; Dr. Moedji Raharto; Prof. Dr. Thomas Djamaluddin; Dr. M. Rahman Djuwansah; Dr. Hoemam Rozie Sahil, dan Dr. Ali Akbar. Tidak lupa ucapan terima kasih ditujukan pula kepada staf sekretariat yang terdiri atas Hj. Arum Rediningsih; Muhammad Musadad, S.Th.I; Muhammad Fatichuddin, S.S.I.; Jonni Syatri, MA; Bisri Mustofa, S.Ag; dan H. Harits Fadlly, MA.

Kami berharap kiranya kerja sama yang telah dimulai sejak tahun 2005 ini dapat berkembang lebih baik, memenuhi harapan umat Islam di Indonesia, khususnya dalam upaya meningkatkan peran pengembangan sains dan teknologi. Semoga usaha mulia ini mendapat ganjaran dari Allah dan dicatat sebagai amal saleh. *Āmin Yā Rabbal ālamīn*.

Jakarta,   Oktober 2016

Kepala Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

Iskandar Zulkarnain

MEMAHAMI ISYARAT-ISYARAT ILMIAH AL-QUR'AN; SEBUAH PENGANTAR

Al-Qur'an, kitab suci yang berisikan ayat-ayat *tanzīliyah*, punya fungsi utama sebagai petunjuk bagi seluruh umat manusia baik dalam hubungannya dengan Tuhan, manusia, maupun alam raya. Dengan begitu, yang dipaparkan Al-Qur'an tidak hanya masalah-masalah kepercayaan (akidah), hukum, ataupun pesan-pesan moral, tetapi juga di dalamnya terdapat petunjuk memahami rahasia-rahasia alam raya. Di samping itu, ia juga berfungsi untuk membuktikan kebenaran Nabi Muhammad. Dalam beberapa kesempatan, Al-Qur'an menantang siapa pun yang meragukannya untuk menyusun dan mendatangkan "semacam" Al-Qur'an secara keseluruhan (aṭ-Ṭūr/52: 35), atau sepuluh surah yang semacamnya (Hūd/11: 13), atau satu surah saja (Yūnus/10: 38), atau sesuatu yang "seperti", atau kurang lebih, "sama" dengan satu surah darinya (al-Baqarah/2: 23). Dari sini muncul usaha-usaha untuk memperlihatkan berbagai dimensi Al-Qur'an yang menaklukkan siapa pun yang meragukannya, sehingga kebenaran bahwa ia bukan tutur kata manusia menjadi tak terbantahkan. Inilah yang disebut *i'jāz*.

Karena berwujud teks bahasa yang baru dapat bermakna setelah dipahami, usaha-usaha dalam memahami dan menemukan rahasia Al-Qur'an menjadi bervariasi sesuai dengan latar belakang yang memahaminya. Setiap orang dapat menangkap pesan dan kesan yang berbeda dari lainnya. Seorang pakar bahasa akan mempunyai kesan yang berbeda dengan yang ditangkap oleh seorang ilmuwan. Demikian Al-Qur'an menyuguhkan hidangannya untuk dinikmati dan disantap oleh semua orang di sepanjang zaman.

A. AL-QUR'AN DAN ILMU PENGETAHUAN

Berbicara tentang Al-Qur'an dan ilmu pengetahuan, kita sering dihadapkan pada pertanyaan klasik: adakah kesesuaian antara keduanya atau sebaliknya, bertentangan? Untuk menjawab pertanyaan ini ada baiknya dicermati bersama ungkapan seorang ilmuwan modern, Einstein, berikut, "Tiada ketenangan dan keindahan yang dapat dirasakan hati melebihi saat-saat ketika memperhatikan keindahan rahasia alam raya. Sekalipun rahasia itu tidak terungkap, tetapi di balik itu ada rahasia yang dirasa lebih indah lagi, melebihi segalanya, dan jauh di atas bayang-bayang akal kita. Menemukan rahasia dan merasakan keindahan ini tidak lain adalah esensi dari bentuk penghambaan."

Dari kutipan ini, agaknya Einstein ingin menunjukkan bahwa ilmu yang sejati adalah yang dapat mengantarkan kepada kepuasan dan kebahagiaan jiwa dengan bertemu dan merasakan kehadiran Sang Pencipta melalui wujud alam raya. Memang, dengan mengamati sejarah ilmu dan agama, ditemukan beberapa kesesuaian antara keduanya, antara lain dari segi tujuan, sumber, dan cara mencapai tujuan tersebut. Bahkan, keduanya telah mulai beriringan sejak penciptaan manusia pertama. Beberapa studi menunjukkan bahwa hakikat keberagamaan muncul dalam jiwa manusia sejak ia mulai bertanya tentang hakikat penciptaan (al-Baqarah/2: 30-38).[1]

Lantas mengapa sejarah agama dan ilmu pengetahuan diwarnai dengan pertentangan? Diakui, di samping memiliki kesamaan, agama dan ilmu pengetahuan juga mempunyai objek dan wilayah yang berbeda. Agama (Al-Qur'an) mengajarkan bahwa selain alam materi (fisik) yang menuntut manusia melakukan eksperimen, objek ilmu juga mencakup realitas lain di luar jangkauan panca indra (metafisik) yang tidak dapat diobservasi dan diuji coba. Allah berfirman, *"Maka Aku bersumpah demi apa yang dapat kamu lihat dan demi apa yang tidak kamu lihat."* (al-Ḥāqqah/69: 38). Untuk yang bersifat empiris, memang dibuka ruang untuk menguji dan mencoba (al-'Ankabūt/29: 20). Namun, seorang ilmuwan tidak diperkenankan mengatasnamakan ilmu untuk menolak "apa-apa" yang nonempiris (metafisik), sebab di wilayah ini Al-Qur'an telah menyatakan keterbatasan ilmu manusia (al-Isrā'/17: 85) sehingga diperlukan keimanan. Kerancuan terjadi bila ilmuwan dan agamawan tidak memahami objek dan wilayah masing-masing.

---

1. 'Abdur-Razzāq Naufal, *Baina ad-Dīn wa al-'Ilm,* h. 42; A. Karīm Khaṭīb, *Allāh Żātan wa Maudū'an,* h. 6.

Kalau saja pertikaian antara ilmuwan dan agamawan di Eropa pada abad pertengahan (sampai abad ke-18) tidak merebak ke dunia Islam, mungkin umat Islam tidak akan mengenal pertentangan antara agama dan ilmu pengetahuan. Perbedaan memang tidak seharusnya membawa kepada pertentangan dan perpecahan. Keduanya bisa saling membantu untuk mencapai tujuan. Bahkan, keilmuan yang matang justru akan membawa pada sikap keberagamaan yang tinggi (Fāṭir/35: 27).

Sejarah cukup menjadi saksi bahwa ahli-ahli falak, kedokteran, ilmu pasti dan lain-lain telah mencapai hasil yang mengagumkan di masa kejayaan Islam. Di saat yang sama mereka menjalankan kewajiban agama dengan baik, bahkan juga ahli di bidang agama. Maka amatlah tepat apa yang dikemukakan Maurice Bucaille, seorang ilmuwan Perancis terkemuka, dalam bukunya *Al-Qur'an, Bibel, dan Sains Modern,* bahwa tidak ada satu ayat pun dalam Al-Qur'an yang bertentangan dengan perkembangan ilmu pengetahuan. Inilah kiranya yang menyebabkan besarnya perhatian para sarjana untuk mengetahui lebih jauh model penafsiran Al-Qur'an dengan pendekatan ilmu pengetahuan.

B. APA DAN MENGAPA TAFSIR ILMI?

Setiap muslim wajib mempelajari dan memahami Al-Qur'an. Seorang muslim diperintah Al-Qur'an untuk tidak beriman secara membabibuta *(taqlīd),* tetapi dengan mempergunakan akal pikiran. Al-Qur'an mengajak manusia untuk terus berdialog dengannya di sepanjang masa. Semua kalangan dengan segala keragamannya diundang untuk mencicipi hidangannya, hingga wajar jika kesan yang diperoleh pun berbeda-beda. Ada yang terkesan dengan kisah-kisahnya seperti aś-Śa'labiy dan al-Khāzin; ada yang memperhatikan persoalan bahasa dan retorikanya seperti az-Zamakhsyariy; atau hukum-hukum seperti al-Qurṭubiy. Masing-masing mempunyai kesan yang berbeda sesuai kecenderungan dan suasana yang melingkupinya.

Ketika gelombang Hellenisme masuk ke dunia Islam melalui penerjemahan buku-buku ilmiah pada masa Dinasti 'Abbasiyah, khususnya pada masa pemerintahan al-Makmūn (w. 853 M), muncullah kecenderungan menafsirkan Al-Qur'an dengan teori-teori ilmu pengetahuan atau yang kemudian dikenal sebagi tafsir ilmi. *Mafātīḥul-*

Gaib, karya ar-Rāzi, dapat dibilang sebagai tafsir yang pertama memuat secara panjang lebar penafsiran ilmiah terhadap ayat-ayat Al-Qur'an.[2]

Tafsir ilmi adalah sebuah upaya memahami ayat-ayat Al-Qur'an yang mengandung isyarat ilmiah dari perspektif ilmu pengetahuan modern. Menurut Ḥusain aż-Żahabiy, tafsir ini membahas istilah-istilah ilmu pengetahuan dalam penuturan ayat-ayat Al-Qur'an, serta berusaha menggali dimensi keilmuan dan menyingkap rahasia kemukjizatannya terkait informasi-informasi sains yang mungkin belum dikenal manusia pada masa turunnya sehingga menjadi bukti kebenaran bahwa Al-Qur'an bukan karangan manusia, namun wahyu Sang Pencipta dan Pemilik alam raya.

Di era modern tafsir ilmi semakin populer dan meluas. Fenomena ini setidaknya dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut.

Pertama, pengaruh kemajuan teknologi dan ilmu pengetahuan Barat (Eropa) terhadap dunia Arab dan kawasan muslim, terlebih pada paruh kedua abad 19 ketika sebagian besar dunia Islam berada di bawah kekuasaan Eropa. Hegemoni Eropa atas kawasan Arab dan muslim ini hanya dimungkinkan oleh superioritas teknologi. Bagi seorang muslim, membaca tafsir Al-Qur'an bahwa persenjataan dan teknik-teknik asing yang memungkinkan orang-orang Eropa menguasai umat Islam sebenarnya telah disebut dan diramalkan di dalam Al-Qur'an, bisa menjadi pelipur lara.[3] Inilah yang diungkapkan M. Quraish Shihab sebagai kompensasi perasaan *inferiority complex* (perasaan rendah diri).[4] Lebih lanjut Quraish menulis, "Tidak dapat diingkari bahwa meng-ingat kejayaan lama merupakan obat bius yang dapat meredakan sakit, meredakan untuk sementara, tetapi bukan menyembuhkannya."[5]

Kedua, munculnya kesadaran untuk membangun rumah baru bagi peradaban Islam setelah mengalami dualisme budaya yang tecermin dalam sikap dan pemikiran. Dualisme ini melahirkan sikap kontradiktif antara mengenang kejayaan masa lalu dan keinginan memperbaiki diri, dengan kekaguman terhadap peradaban Barat yang hanya dapat diambil sisi materinya saja. Yang terjadi kemudian di kawasan muslim adalah budaya "berhati Islam, tetapi berbaju Barat". Taf-

---

2. Sedemikian banyaknya persoalan ilmiah dan logika yang disinggung, Ibnu Taimiyah berkata, "Di dalamnya terdapat apa saja, kecuali tafsir;" sebuah penilaian dari pengikut setia Aḥmad bin Ḥanbal terhadap ar-Rāziy yang diketahui sangat intens dalam mendebat kelompok tersebut. Berbeda dari Ibnu Taimiyah, Tājuddīn as-Subuki berkomentar, "Di dalamnya terdapat segala sesuatu, plus tafsir". Lihat: Fatḥullāh Khalīf, *Fakhruddīn ar-Rāziy*, h. 13.

3. Jansen, *Diskursus Tafsir Al-Qur'an Modern,* h. 67.

4. M. Quraish Shihab, *Membumikan Al-Qur'an,* h. 53.

5. M. Quraish Shihab, *Membumikan Al-Qur'an,* h. 53.

sir ilmi pada hakikatnya ingin membangun kesatuan budaya melalui pola hubungan harmonis antara Al-Qur'an dan pengetahuan modern yang menjadi simbol peradaban Barat.[6] Di saat yang sama, para penggagas tafsir ini ingin menunjukkan pada masyarakat dunia bahwa Islam tidak mengenal pertentangan antara agama dan ilmu pengetahuan seperti yang terjadi di Eropa pada Abad Pertengahan yang mengakibatkan para ilmuwan menjadi korban hasil penemuannya.

Ketiga, perubahan cara pandang muslim modern terhadap ayat-ayat Al-Qur'an, terutama dengan munculnya penemuan-penemuan ilmiah modern pada abad ke-20. Memang Al-Qur'an mampu berdialog dengan siapa pun dan kapan pun. Ungkapannya singkat tapi padat, dan membuka ragam penafsiran. Misalnya, kata *lamūsi'ūn* pada Surah aż-Żāriyāt/51: 47, *"Dan langit itu Kami bangun dengan kekuasaan (Kami), dan sesungguhnya Kami benar-benar meluaskan(nya)"*, dalam karya-karya tafsir klasik ada yang menafsirkannya dengan "meluaskan rezeki semua makhluk dengan perantara hujan"; ada yang mengartikan "berkemampuan menciptakan lebih dari itu"; dan ada pula yang mengartikan "meluaskan jarak antara langit dan bumi".[7] Penafsiran ini didasari atas pandangan kasat mata dalam suasana yang sangat terbatas dalam bidang ilmu pengetahuan. Boleh jadi semuanya benar. Seiring ditemukannya penemuan ilmiah baru, seorang muslim modern melihat ada tafsiran yang lebih jauh dari sekadar yang dikemukakan para pendahulu. Dari hasil penelitian luar angkasa, para ahli menyimpulkan sebuah teori yang dapat dikatakan sebagai hakikat ilmiah, yaitu *nebula* yang berada di luar galaksi tempat kita tinggal terus menjauh dengan kecepatan yang berbeda-beda, bahkan benda-benda langit yang ada dalam satu galaksi pun saling menjauh satu dengan lainnya, dan ini terus berlanjut sampai dengan waktu yang ditentukan oleh Sang Mahakuasa.[8]

Keempat, tumbuhnya kesadaran bahwa memahami Al-Qur'an dengan pendekatan sains modern bisa menjadi sebuah "Ilmu Kalam Baru". Bila dulu ajaran Al-Qur'an diperkenalkan melalui pendekatan logika/filsafat sehingga menghasilkan ratusan bahkan ribuan karya ilmu kalam, sudah saatnya pendekatan ilmiah/ saintifik menjadi alternatif. Di dalam Al-Qur'an terdapat kurang lebih 750–1000 ayat kauniyah, sementara ayat-ayat hukum hanya sekitar 250 ayat.[9] Lalu mengapa kita me-

6. M. Effat Syarqāwiy, *Qaḍāyā Insāniyyah fī A'māl al-Mufassirīn,* h. 88.

7. Lihat misalnya: aṭ-Ṭabarsiy, *Majma' al-Bayān,* 9/203.

8. Kementerian Wakaf Mesir, *Tafsīr al-Muntakhab,* h. 774.

9. Wawancara Zaglūl an-Najjār dengan Majalah Tasawuf Mesir, Edisi Mei 2001.

warisi ribuan buku fikih, sementara buku-buku ilmiah hanya beberapa gelintir saja, padahal Tuhan tidak membedakan perintah-Nya untuk memahami ayat-ayat Al-Qur'an. Bila ayat-ayat hukum, muamalat, akhlak dan akidah menjadi petunjuk bagi manusia untuk mengenal dan mencontoh perilaku Tuhan, bukankah ayat-ayat ilmiah juga petunjuk akan keagungan dan kekuasaaan Tuhan di alam raya?

C. PRO-KONTRA TAFSIR ILMI

Model tafsir ilmi sudah lama diperdebatkan para ulama, mulai dari ulama klasik sampai ahli-ahli keislaman di abad modern. Al-Gazāli, ar-Rāzi, al-Mursi, dan as-Suyūṭi dapat dikelompokkan sebagai ulama yang mendukung tafsir ini. Berseberangan dengan mereka, asy-Syāṭibi menentang keras penafsiran model seperti ini. Dalam barisan tokoh-tokoh modern, para pendukung tafsir ini di antaranya Muḥammad 'Abduh, Ṭanṭāwi Jauhari, Ḥanafi Aḥmad, berseberangan dengan tokoh-tokoh seperti Maḥmūd Syaltūt, Amīn al-Khūli, dan 'Abbās 'Aqqād.

Mereka yang berkeberatan dengan model tafsir ilmi berargumentasi antara lain dengan melihat:

1. *Kerapuhan filologisnya*

Al-Qur'an diturunkan kepada bangsa Arab dalam bahasa ibu mereka, karenanya ia tidak memuat sesuatu yang mereka tidak mampu memahaminya. Para sahabat tentu lebih mengetahui Al-Qur'an dan apa yang tercantum di dalamnya, tetapi tidak seorang pun di antara mereka menyatakan bahwa Al-Qur'an mencakup seluruh cabang ilmu pengetahuan.

2. *Kerapuhannya secara teologis*

Al-Qur'an diturunkan sebagai petunjuk yang membawa pesan etis dan keagamaan; hukum, akhlak, muamalat, dan akidah. Ia berkaitan dengan pandangan manusia mengenai hidup, bukan dengan teori-teori ilmiah. Ia buku petunjuk dan bukan buku ilmu pengetahuan. Adapun isyarat-isyarat ilmi-ah yang terkandung di dalamnya dikemukakan dalam konteks petunjuk, bukan menjelaskan teori-teori baru.

3. *Kerapuhannya secara logika*

Di antara ciri ilmu pengetahuan adalah bahwa ia tidak mengenal kata "kekal". Apa yang dikatakan sebagai *natural law* tidak lain hanyalah sekumpulan teori dan hipotesis yang sewaktu-waktu bisa berubah. Apa yang dianggap salah di masa silam, misalnya, boleh jadi diakui kebenarannya di abad modern. Ini menunjukkan bahwa produk-produk ilmu pengetahuan pada hakikatnya relatif dan subjektif. Jika demikian, patutkah seseorang menafsirkan yang kekal dan absolut dengan

sesuatu yang tidak kekal dan relatif? Relakah kita mengubah arti ayat-ayat Al-Qur'an sesuai dengan perubahan atau teori ilmiah yang tidak atau belum mapan itu?[10]

Ketiga argumentasi di atas agaknya yang paling populer dikemukakan untuk menolak tafsir ilmi. Pengantar ini tidak ingin mendiskusikannya dengan menghadapkannya kepada argumentasi kelompok yang mendukung. Kedua belah pihak boleh jadi sama benarnya. Karenanya, tidak produktif jika terus mengkonfrontasikan keduanya. Yang dibutuhkan adalah formula kompromistik untuk lebih mengembangkan misi dakwah Islam di tengah kemajuan ilmu pengetahuan.

Diakui bahwa ilmu pengetahuan itu relatif; yang sekarang benar, bisa jadi besok salah. Tetapi, bukankah itu ciri dari semua hasil budi daya manusia, sehingga di dunia tidak ada yang absolut kecuali Tuhan? Ini bisa dipahami karena hasil pikiran manusia yang berupa *acquired knowledge* (ilmu yang dicari) juga mempunyai sifat atau ciri akumulatif. Ini berarti dari masa ke masa ilmu akan saling melengkapi sehingga ia akan selalu berubah. Di sini manusia diminta untuk selalu berijtihad dalam rangka menemukan kebenaran. Apa yang telah dilakukan para ahli hukum (fukaha), teologi, dan etika di masa silam dalam memahami ayat-ayat Al-Qur'an merupakan ijtihad baik, sama halnya dengan usaha memahami isyarat-isyarat ilmiah dengan penemuan modern. Yang diperlukan adalah kehati-hatian dan kerendahan hati. Tafsir, apa pun bentuknya, hanyalah sebuah upaya manusia yang terbatas untuk memahami maksud kalam Tuhan yang tidak terbatas. Kekeliruan dalam penafsiran sangat mungkin terjadi, dan tidak akan mengurangi kesucian Al-Qur'an. Kendatipun, kekeliruan dapat diminimalkan atau dihindari dengan memperhatikan kaidah-kaidah yang ditetapkan para ulama.

D. PRINSIP DASAR DALAM PENYUSUNAN TAFSIR ILMI

Dalam upaya menjaga kesucian Al-Qur'an para ulama merumuskan beberapa prinsip dasar yang sepatutnya diperhatikan dalam menyusun sebuah tafsir ilmi, antara lain:[11]

1. Memperhatikan arti dan kaidah-kaidah kebahasaan. Tidak sepatutnya kata "*ṭayran*" dalam Surah al-Fīl/105: 3, "*Dan Dia turunkan kepada mereka Burung Ababil*" ditafsirkan sebagai kuman seperti dikemuka-

10. Asy-Syāṭibiy, *al-Muwāfaqāt*, 2/46; Amīn al-Khūliy, *Manāhij Tajdīd,* h. 219.

11. Poin-poin prinsip ini disimpulkan dari ketetapan Lembaga Pengembangan I'jāz Al-Qur'an dan Sunah, Rābiṭah 'Ālam Islāmi di Mekah dan lembaga serupa di Mesir (Lihat wawancara Zaglūl dalam Majalah Tasawuf Mesir Edisi Mei 2001 dan *al-Kaun wa al-I'jāz al-'Ilmiy fī al-Qur'ān* karya Manṣūr Ḥasab an-Nabi, Ketua Lembaga I'jāz Mesir)

kan oleh Muḥammad 'Abduh dalam *Tafsīr Juz 'Amma*-nya. Secara bahasa hal itu tidak dimungkinkan dan maknanya menjadi tidak tepat sebab akan bermakna, "dan Dia mengirimkan kepada mereka kuman-kuman yang melempari mereka dengan batu ......".

2. Memperhatikan konteks ayat yang ditafsirkan, sebab ayat-ayat dan surah Al-Qur'an, bahkan kata dan kalimatnya, saling berkorelasi. Memahami ayat-ayat Al-Qur'an harus dilakukan secara komprehensif, tidak parsial.
3. Memperhatikan hasil-hasil penafsiran dari Rasulullah *ṣalallāhu 'alaihi wa sallam* selaku pemegang otoritas tertinggi, para sahabat, tabiin, dan para ulama tafsir, terutama yang menyangkut ayat yang akan dipahaminya. Selain itu, penting juga memahami ilmu-ilmu Al-Qur'an lainnya seperti *nāsikh-mansūkh, asbābun-nuzūl,* dan sebagainya.
4. Tidak menggunakan ayat-ayat yang mengandung isyarat ilmiah untuk menghukumi benar atau salahnya sebuah hasil penemuan ilmiah. Al-Qur'an mempunyai fungsi yang jauh lebih besar dari sekadar membenarkan atau menyalahkan teori-teori ilmiah.
5. Memperhatikan kemungkinan satu kata atau ungkapan mengandung sekian makna, kendatipun kemungkinan makna itu sedikit jauh (lemah), seperti dikemukakan pakar bahasa Arab, Ibnu Jinni, dalam *al-Khaṣā'iṣ* (2/488). Al-Gamrāwi, seorang pakar tafsir ilmiah Al-Qur'an Mesir, mengatakan, "Penafsiran Al-Qur'an hendaknya tidak terpaku pada satu makna. Selama ungkapan itu mengandung berbagai kemungkinan dan dibenarkan secara bahasa, maka boleh jadi itulah yang dimaksud Tuhan".[12]
6. Untuk bisa memahami isyarat-isyarat ilmiah hendaknya memahami betul segala sesuatu yang menyangkut objek bahasan ayat, termasuk penemuan-penemuan ilmiah yang berkaitan dengannya. M. Quraish Shihab mengatakan, "...sebab-sebab kekeliruan dalam memahami atau menafsirkan ayat-ayat Al-Qur'an antara lain adalah kelemahan dalam bidang bahasa serta kedangkalan pengetahuan menyangkut objek bahasan ayat".
7. Sebagian ulama menyarankan agar tidak menggunakan penemuan-penemuan ilmiah yang masih bersifat teori dan hipotesis, sehingga dapat berubah. Itu karena teori tidak lain adalah hasil sebuah "pukul rata" terhadap gejala alam yang terjadi. Begitu pula hipotesis, masih dalam

12. *Al-Islām fī 'Aṣr al-'Ilm,* h. 294.

taraf uji coba kebenarannya. Yang digunakan hanyalah yang telah mencapai tingkat hakikat kebenaran ilmiah yang tidak bisa ditolak lagi oleh akal manusia. Sebagian lain mengatakan, sebagai sebuah penafsiran yang dilakukan berdasar kemampuan manusia, teori dan hipotesis bisa saja digunakan di dalamnya, tetapi dengan keyakinan kebenaran Al-Qur'an bersifat mutlak, sedangkan penafsiran itu relatif, bisa benar dan bisa salah.

Penyusunan Tafsir Ilmi dilakukan melalui serangkaian kajian yang dilakukan secara kolektif dengan melibatkan para ulama dan ilmuwan, baik dari Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an, LIPI, LAPAN, Observatorium Bosscha, dan beberapa perguruan tinggi. Para ulama, akademisi, dan peneliti yang terlibat dibagi dalam dua tim: Syar'i dan Kauni. Tim Syar'i bertugas melakukan kajian dalam perspektif ilmu-ilmu keislaman dan bahasa Arab, sedang Tim Kauni melakukan kajian dalam perspektif ilmu pengetahuan.

Kajian tafsir ilmi tidak dalam kerangka menjustifikasi kebenaran temuan ilmiah dengan ayat-ayat Al-Qur'an, juga tidak untuk memaksakan penafsiran ayat-ayat Al-Qur'an hingga seolah-olah berkesesuaian dengan temuan ilmu pengetahuan. Kajian tafsir ilmi berangkat dari kesadaran bahwa Al-Qur'an bersifat mutlak, sedang penafsirannya, baik dalam perspektif tafsir maupun ilmu pengetahuan, bersifat relatif.

Akhirnya, segala upaya manusia tidak lain hanyalah setitik jalan untuk menemukan kebenaran yang absolut. Untuk itu, segala bentuk kerja sama yang baik sangat diperlukan, terutama antara ahli-ahli di bidang ilmu pengetahuan dan para ahli di bidang agama, dalam mewujudkan pemahaman Al-Qur'an yang baik.[]

Jakarta, November 2016
Wakil Ketua Tim Kajian dan
Penyusunan Tafsir Ilmi

Dr. Muchlis M. Hanafi, MA

DAFTAR ISI

KEMENTERI
LAJNAH PE
MUSHAF
REPUBLIK

BAB I
PENDAHULUAN

Allah menciptakan jagat raya beserta isinya demikian sempurna, lengkap, dan teratur. Ciptaan-Nya meliputi segala wujud dan ukuran, dari partikel terkecil di bawah atom hingga sekumpulan galaksi yang tidak terlukiskan, dari yang tampak sampai yang belum dan/atau yang tidak terlihat. Sampai kini belum ada seorang pun yang mengetahui seberapa besar alam semesta ini. Kalangan ilmuwan, ahli astronomi, pun belum mengetahui apakah alam akan berhenti memuai dan mulai berkerut, atau tetap memuai hingga waktu yang tak berhingga.

Menurut Teori Big Bang, saat terjadi dentuman dahsyat, semesta kala itu dianggap "berukuran" nol, dan dalam keadaan panas tak hingga (*infinite*). Semesta kemudian mengembang dan meluas, yang berpengaruh pada turunnya temperatur radiasi. Dalam tempo nanodetik, isi alam semesta diperkirakan hanya didominasi oleh *quarks* dan *antiquarks*, *leptons* dan *antileptons*, *neutrinos* dan *antineutrinos*, *gluon*, dan *foton*. Ketika temperatur turun mencapai 10^{14} °K, terjadilah proses anihilisasi (pemusnahan), di mana *gluon*, *quarks*, dan *antiquarks* lenyap, diikuti oleh pembentukan proton dan netron di alam semesta, berasal dari jumlah *quarks* yang berlebih. Begitu pula proses anihilisasi untuk *leptons*

dan *antileptons* berlangsung pada temperatur yang lebih rendah. Pada periode milidetik hingga satu detik pasca Big Bang, alam semesta "dipenuhi" oleh unsur-unsur sub-atom seperti proton, netron, neutrino dan antineutrino, elektron dan positron, dan foton.

Seratus detik setelah Big Bang temperatur semesta turun mencapai 10^9 °K, di mana pada kondisi ini terjadi pembentukan inti atom Hidrogen (75%) dan inti atom Helium (25%). Tatkala temperatur alam semesta mencapai 4000 °K, yang terbentuk adalah atom Hidrogen dan atom Helium yang netral.

Setelah itu alam semesta memasuki masa transisi yang secara keseluruhan akan terus mengembang dan mengalami pendinginan. Sementara itu, bagian-bagian semesta yang memiliki kerapatan massa lebih tinggi mengalami perlambatan pengembangan akibat tarikan gravitasi ekstra, awal dari proses terbentuknya galaksi-galaksi dan bagian-bagiannya. Ilmuwan berkeyakinan bahwa pada masa transisi alam semesta secara bertahap mengalami proses perubahan dari bentuk energi menuju bentuk materi. Pada masa ini dikenal empat gaya fundamental, yakni gaya nuklir kuat, gaya elektromagnetik, gaya nuklir lemah, dan gaya gravitasi, yang punya peran penting dalam "mengendalikan" eksistensi dunia material. Keempat gaya ini berpengaruh baik pada luasnya kosmos maupun pada tak terhingga kecilnya struktur atom yang berada pada keberlangsungan sosok kehidupan dalam dunia fana, seperti berbagai proses dinamika kehidupan, termasuk pembentukan inti atom dan pengelompokan atom sederhana sehingga membentuk ikatan yang lebih besar, berupa molekul dan/atau senyawa molekul sebagai bahan dasar pembentuk materi.

Seiring waktu gas Hidrogen dan Helium dalam galaksi-galaksi pecah menjadi awan-awan kecil yang kemudian runtuh akibat gravitasinya sendiri. Ketika mengerut, atom-atom di dalam awan "secara alami" akan berinteraksi dan menyebabkan temperatur awan cukup panas untuk bermulanya reaksi fusi nuklir. Matahari yang kita kenal merupakan salah satu awan-awan yang terbentuk tersebut, dengan karakter yang efisien dan stabil.

Begitulah suatu proses reaksi fusi nuklir yang berlangsung di pusat bintang dan menjadi bagian kondisi khusus yang disiapkan oleh-Nya untuk pembentukan inti atom yang lebih berat, yang lebih lanjut dibutuhkan dalam berbagai proses ikatan antarmateri dalam alam. Keterkaitan antara energi, materi dan cahaya ini kemudian diformulasikan melalui Rumus Einstein yang terkenal, yaitu $E = m c^2$, di mana, E

= energi, m = massa, dan c = kecepatan cahaya

Dalam lingkup tata surya, *ḍiyā’* dibentuk oleh mekanisme fusi nuklir (melibatkan proses interaksi energi, materi, dan cahaya) yang total dayanya sangat besar, sedang cahaya mempunyai arti yang sangat umum; keberadaannya sejak terbentuk materi di alam semesta. Produksi cahaya Matahari bersama gravitasi Bumi berfungsi sebagai pembentuk biosfer pada planet Bumi, dan menjadi sumber energi yang rutin untuk kehidupan di planet Bumi. Terang dan energinya yang besar sekaligus menempatkan Matahari sebagai pengikat planet dan penerang di planet Bumi atau di lingkungan tata surya.

Adalah tidak dapat diingkari bahwa semua yang ada di jagat raya ini tunduk pada aturan Allah. Allah berfirman.

سَبِّحِ اسْمَ رَبِّكَ الْاَعْلَىۙ ١ الَّذِيْ خَلَقَ فَسَوّٰىۖ ٢ وَالَّذِيْ قَدَّرَ فَهَدٰىۖ ٣

Sucikanlah nama Tuhanmu Yang Mahatinggi, Yang menciptakan lalu menyempurnakan (ciptaan-Nya), Yang menentukan kadar (masing-masing) dan memberi petunjuk. (al-A‘lā/87: 1–3)

وَمَا خَلَقْنَا السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا لٰعِبِيْنَ ٣٨ مَا خَلَقْنٰهُمَآ اِلَّا بِالْحَقِّ وَلٰكِنَّ اَكْثَرَهُمْ لَا يَعْلَمُوْنَ ٣٩

Dan tidaklah Kami bermain-main menciptakan langit dan Bumi dan apa yang ada di antara keduanya. Tidaklah Kami ciptakan keduanya melainkan dengan hak (benar), tetapi kebanyakan mereka tidak mengetahui. (ad-Dukhān/44: 38–39)

Dua ayat di atas menegaskan kesempurnaan ciptaan-Nya, yang disertai dengan hukum-hukum dan fenomenanya untuk menunjukkan kecermatan dan keteraturan, meliputi keseluruhan benda-benda ciptaan-Nya, termasuk partikel-partikel renik dalam jagat raya yang demikian luas. Ada pula beberapa ayat lain yang menjelaskan hal serupa, seperti Surah Yūnus/10: 32; al-Ḥijr/15: 85; al-Anbiyā’/21: 16–17; Fuṣṣilat/41: 11–12; serta ar-Raḥmān/55: 5–7 dan 10.

Selain menjelaskan tentang semua ciptaan-Nya, Al-Qur’an berusaha mengangkat derajat manusia ke kedudukan yang tinggi selaku makhluk-Nya yang diberi kemampuan untuk melihat dan memahami makna di balik penciptaan semua ini. Berbekal wujud, kecerdasan otak, dan kearifan hati, serta kemauan mengikuti bimbingan dan petunjuk-Nya, manusia akan mampu menemukan nilai-nilai hakiki itu; suatu nilai luhur yang akan membawa manusia ke derajat mulia di sisi-Nya.

Al-Qur’an lewat “dialognya” mengajak dan memandu manusia untuk menyelidiki alam ciptaan-Nya, mengungkap rahasia dan keajaibannya, serta mengingatkan manusia agar memanfa-

atkan kekayaan alam yang berlimpah untuk kesejahteraan hidup mereka. Dengan demikian, Allah melalui firman-Nya membimbing manusia untuk mengenal Dia melalui ciptaan-Nya yang terhampar di antara langit dan Bumi. Manusia dengan kemampuan sains dan teknologinya dituntut untuk melakukan observasi guna menyibak hukum-hukum alam (sunatullah), yang menjadi dasar yang memungkinkan manusia memanfaatkan isi alam semesta ini sesuai petunjuk dan rida-Nya.

Melalui studi dan kajian ilmiah yang mendalam, dalam kurun waktu yang panjang, secara bertahap manusia dapat menguak rahasia dan misteri keberadaan cahaya, yang sudah ada sejak langit dan Bumi diciptakan. Pancaran radiasi sinar matahari dari awal telah ikut berperan penting dalam menyiapkan terbentuknya Bumi menjadi tempat hunian manusia, jutaan tahun sebelum Adam hadir (Lebih lanjut, baca: *Penciptaan Jagat Raya* dan *Penciptaan Bumi* [Kemenag RI, 2010]).

Sukar dibayangkan bagi manusia, makhluk yang hidup di permukaan Bumi, untuk bisa mengenali secara menyeluruh isi alam semesta yang terdiri atas miliaran benda-benda langit yang menyebar jauh hingga jarak jutaan atau miliaran tahun cahaya. Sampai tahun 1920-an, manusia mengira satu-satunya galaksi, yang setidaknya 200 miliaran bintangnya "terlihat" dari Bumi, adalah Bima Sakti saja. Pasca-penemuan teleskop, manusia melakukan observasi lebih lanjut yang membuktikan bahwa sedikitnya ada ratusan miliar galaksi, yang masing-masing memiliki miliaran bintang seperti Matahari kita.

Karena itu, cahaya menjadi sumber informasi yang sangat penting bagi manusia guna mengetahui objek langit yang sangat jauh, demikian juga ukuran alam semesta yang sangat besar. Perkembangan sains telah membawa manusia ke era pemanfaatan cahaya untuk mengirim pesan-pesan ke tempat yang sangat jauh. Dengan mempelajari sifat cahaya, melalui spektroskopi bahkan manusia dapat mengenal komposisi kimiawi bintang atau proses-proses lain yang sedang berlangsung di benda langit tersebut. Pengetahuan ini makin meneguhkan pendirian bahwa bintang dan galaksi juga merupakan makhluk Allah, bukan Dewa yang mempunyai zat khusus. Bintang, galaksi, planet, dan sebagainya memang hanya merupakan benda langit, makhluk Allah.

Pengamatan cahaya tampak atau optik telah berlangsung sangat lama. Jauh sebelum teleskop optik ditemukan, manusia bahkan telah mengamati gerak harian Matahari, bintang, planet, dan Bulan dengan mata telanjang, mes-

ki barangkali terbatas pada lingkup bagian kecil saja dari keseluruhan alam jagat raya yang luas. Pengamatan komet bahkan telah tercatat pada 164 SM. Pengamatan-pengamatan tersebut memberi petunjuk mengenai keteraturan alam ini. Pemahaman ini selanjutnya dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, seperti bercocok tanam dan penanggalan, seperti yang dilakukan antara lain di Mesopotamia, Mesir, dan Cina.

Penemuan teleskop merupakan anugerah besar bagi manusia. Mata manusia mempunyai diameter lensa yang relatif sangat kecil (sekitar 8 mm) untuk dapat mendeteksi galaksi yang jauh dan galaksi yang cahayanya lemah, sehingga teleskop-teleskop berkemampuan tinggi sangat dibutuhkan. Dengannya, pengamatan gerak benda-benda langit yang lebih lengkap dan akurat pada akhirnya memungkinkan manusia untuk memahami gerak benda-benda langit yang dilihatnya. Kamera sensitif Hubble memungkinkan kita melihat beberapa samar, galaksi paling jauh yang pernah terdeteksi. Salah satu kesimpulan yang diambil dari pengamatan itu adalah bahwa planet-planet (yang berbeda gerak dan penampakan cahayanya dari bintang-bintang) bergerak mengelilingi Matahari yang berada di pusat garis edar planet-planet tersebut. Pendekatan simulasi model matematika dalam astronomi memungkinkan manusia menghasilkan suatu model pergerakan benda-benda dalam tata surya dan memprediksi posisi benda-benda langit tersebut secara akurat. Dengan demikian, manusia dapat memperkirakan dengan lebih baik relevansi antara suatu kejadian di Bumi dengan kejadian di langit pada suatu waktu, dan melakukan antisipasi suatu kejadian yang mungkin akan terjadi.

Cahaya merupakan informasi awal yang dilihat oleh manusia untuk mengenal ciptaan Allah yang berupa fisik benda seperti bintang, galaksi, Bulan, planet, dan sebagainya yang ada di alam semesta yang jauh. Bintang terang yang paling dekat adalah bintang Alfa Centauri, bintang paling terang di rasi Centaurus, yang juga dikenal dengan nama Bundula, Toliman, dan Rigel Kent. Bintang terang tersebut berjarak 4,5 tahun cahaya (atau $4{,}5 \times 9{,}461 \times 10^{15}$ m). Dengan demikian, berkas cahaya bintang ini yang ditangkap oleh teleskop atau detektor mata manusia pada saat ini merupakan cahaya bintang itu pada 4,5 tahun lalu.

Melalui cahaya pula manusia mengenal beragam benda langit, gerak benda langit, fenomena fisik benda langit, dan hukum-hukum yang terdapat di antara fenomena langit. Manfaat akhirnya adalah membangun ke-

Gambar 1.1
Pengamatan komet Halley pada 164 SM yang tertera dalam sebuah tablet Babylonia. (Sumber: http://en.wikipedia.org/)

sadaran lebih luas manusia terhadap benda langit dan alam semesta. Pemahaman geometri berkas cahaya pada permukaan lensa, permukaan cermin datar maupun cermin cekung, dan pemahaman lebih jauh tentang cahaya memungkinkan manusia memanfaatkannya untuk kehidupan sehari-hari. Dua sifat penting cahaya lainnya, yaitu sifat gelombang dan sifat paket energi, melengkapi makin berkembangnya sains dan pemanfaatannya untuk mengungkapkan lebih banyak rahasia keagungan Allah.

Cahaya secara umum mempunyai peran dan makna yang sangat istimewa dalam kehidupan makhluk di permukaan Bumi. Tidak kurang dari 40 kali Allah berfirman dalam Al-Qur'an menjelaskan berbagai fenomena cahaya atau sinar, baik dalam arti keilmuan fisika maupun makna kiasan yang berhubungan dengan hakikat nilai filosofis kehidupan. Dengan mengenal cahaya fisika, manusia dapat memanfaatkannya untuk mewujudkan kesejahteraannya di dunia, sedangkan terangnya cahaya hati atau jiwa akan bermanfaat baginya di kehidupan akhirat. Hal ini menunjukkan bahwa Islam mengajarkan makna cahaya bernilai ganda. Ia dapat menghubungkan norma-norma vertikal dengan norma-norma horizontal.

Dengan indra penglihatannya, di samping pendengarannya, manusia

mampu mendapatkan berbagai informasi sebagai bahan kajian dan analisis untuk kemudian dimanfaatkan. Di sinilah peran cahaya, yang dengannya indera mata menjadi berfungsi. Berkas cahaya Matahari di siang hari telah memungkinkan manusia melihat benda-benda di sekitarnya dengan terang dan jelas. Berbeda dengan kondisi demikian, di bawah sorotan cahaya Bulan yang intensitasnya lebih rendah daripada sinar matahari, benda-benda tadi hanya terlihat samar. Pada kondisi gelap tanpa seberkas cahaya, indra mata bahkan mungkin saja tidak dapat melihat sama sekali. Keberadaan cahaya adalah karunia-Nya, sebagaimana disebutkan dalam firman Allah,

تَبٰرَكَ الَّذِيْ جَعَلَ فِى السَّمَاۤءِ بُرُوْجًا وَّجَعَلَ فِيْهَا سِرٰجًا وَّقَمَرًا مُّنِيْرًا ٦١

Mahasuci Allah yang menjadikan di langit gugusan bintang-bintang dan Dia juga menjadikan padanya Matahari dan Bulan yang bersinar. (al-Furqān/25: 61)

Kata *sirāj* pada ayat di atas diterjemahkan sebagai Matahari. *Sirāj* diambil dari kata *saraja* yang berarti "indah" atau "hiasan". Lampu disebut *sirāj* karena keindahan cahayanya. Matahari disebut *sirāj* karena kemampuannya memancarkan energi dalam bentuk cahaya. Jadi, Matahari itu sendiri adalah sumber cahaya. Pada ayat di atas, *munīr* dikaitkan dengan Bulan. *Munīra* diturunkan dari kata *nūr*, yang berarti "cahaya". Bedanya, pancaran cahaya Bulan bukanlah asli darinya, melainkan pantulan dari sumber cahaya lainnya, yakni Matahari. Pancaran cahaya yang berasal dari Matahari sebagian besarnya diserap oleh permukaan Bulan dan sisanya dipantulkan. Karenanya, cahaya Bulan lebih lemah, kurang lebih hanya 7% dari intensitas cahaya Matahari. Dengan demikian, cahaya Bulan lebih sesuai untuk menjadi penerang di malam hari. Perbedaan antara cahaya Matahari dan Bulan tersirat dalam Surah Nūḥ/71: 16 berikut.

وَّجَعَلَ الْقَمَرَ فِيْهِنَّ نُوْرًا وَّجَعَلَ الشَّمْسَ سِرَاجًا ١٦

Dan di sana Dia menciptakan Bulan yang bercahaya dan menjadikan Matahari sebagai pelita (yang cemerlang). (Nūḥ/71: 16)

Dari ayat di atas dapat dipahami bahwa Matahari adalah sumber cahaya (pelita) yang menerangi alam semesta, termasuk Bumi. Adapun Bulan, ia bercahaya karena memantulkan cahaya Matahari yang menerpanya. Tentu saja hanya sebagian kecil cahaya Matahari yang dipantulkan karena sebagian besarnya diserap oleh permukaan Bulan. Karena itu, cahaya Bulan tidak panas, melainkan redup dan terlihat indah.

Selain *sirāj* dan *nūr* yang berarti sinar atau cahaya, terdapat pula kata *ḍiyā'* yang digunakan oleh Al-Qur'an untuk menyebut sinar matahari. *Ḍiyā'* adalah bentuk jamak dari *ḍau'*, yang berarti pancaran yang bersumber dari sesuatu yang bersinar, yang itu berbeda dari *nūr*, sebagaimana tersebut dalam Surah Yūnus/10: 5 berikut.

هُوَ الَّذِيْ جَعَلَ الشَّمْسَ ضِيَاۤءً وَّالْقَمَرَ نُوْرًا وَّقَدَّرَهٗ مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوْا عَدَدَ السِّنِيْنَ وَالْحِسَابَۗ مَا خَلَقَ اللّٰهُ ذٰلِكَ اِلَّا بِالْحَقِّۗ يُفَصِّلُ الْاٰيٰتِ لِقَوْمٍ يَّعْلَمُوْنَ ٥

Dialah yang menjadikan Matahari bersinar dan Bulan bercahaya, dan Dialah yang menetapkan tempat-tempat orbitnya, agar kamu mengetahui bilangan tahun, dan perhitungan (waktu). Allah tidak menciptakan demikian itu melainkan dengan benar. Dia menjelaskan tanda-tanda (kebesaran-Nya) kepada orang-orang yang mengetahui. (Yūnus/10: 5)

Jadi, ketika menjelaskan tentang Matahari, Al-Qur'an menggunakan kata *ḍiyā'* selain kata *sirāj*. Kata *ḍiyā'* mempunyai pengertian bersinar dengan pancaran sinar yang berasal dari dirinya sendiri. Makna *ḍiyā'* hampir sama dengan *sirāj*, yang berarti pelita pemancar sinar yang bersumber dari dirinya sendiri. Dalam bahasa Inggris, Abdullah Yusuf Ali (1935) menerjemahkan *ḍiyā'* sebagai *shining glory* atau *splendour and glory of brightness*, yang juga berarti pelita atau sumber cahaya. Jadi, *ḍiyā'* dan *sirāj* adalah dua kata dengan makna yang hampir sama, dan diterjemahkan menjadi *light of beauty*, cahaya keindahan. Adapun kata *nūr* lebih tepat diterjemahkan dengan "cahaya" atau "bercahaya".

Selain bermakna cahaya fisik, kata *nūr* dalam Al-Qur'an digunakan pula untuk menunjukkan cahaya dalam arti kiasan, yakni petunjuk dan hidayah Allah. Bila cahaya fisik menerangi alam wadak, petunjuk atau hidayah Allah menerangi kegelapan hati atau rohani manusia. Dengan cahaya hidayah-Nya manusia dapat senantiasa berada di jalan yang lurus. Allah berfirman dalam Surah al-Mā'idah/5: 15,

يٰٓاَهْلَ الْكِتٰبِ قَدْ جَاۤءَكُمْ رَسُوْلُنَا يُبَيِّنُ لَكُمْ كَثِيْرًا مِّمَّا كُنْتُمْ تُخْفُوْنَ مِنَ الْكِتٰبِ وَيَعْفُوْا عَنْ كَثِيْرٍەۗ قَدْ جَاۤءَكُمْ مِّنَ اللّٰهِ نُوْرٌ وَّكِتٰبٌ مُّبِيْنٌۙ ١٥

Wahai Ahli Kitab! Sungguh, Rasul Kami telah datang kepadamu, menjelaskan kepadamu banyak hal dari (isi) kitab yang kamu sembunyikan, dan banyak (pula) yang dibiarkannya. Sungguh, telah datang kepadamu cahaya dari Allah, dan Kitab yang menjelaskan. (al-Mā'idah/5: 15)

Nabi Muhammad dan Al-Qur'an yang dibawanya dikiaskan sebagai *nūr*

karena keduanya menerangi zaman kegelapan akidah saat itu. Sebagaimana *nūr*, *sirāj* selain bermakna fisik juga dapat bermakna kiasan. Nabi Muhammad juga dikiaskan sebagai *sirāj* karena beliau menunjuki manusia akidah yang lurus, seperti disebutkan dalam firman Allah,

يٰٓاَيُّهَا النَّبِيُّ اِنَّآ اَرْسَلْنٰكَ شَاهِدًا وَّمُبَشِّرًا وَّنَذِيْرًاۙ ﴿٤٥﴾ وَّدَاعِيًا اِلَى اللّٰهِ بِاِذْنِهٖ وَسِرَاجًا مُّنِيْرًا ﴿٤٦﴾

Wahai Nabi! Sesungguhnya Kami mengutusmu untuk menjadi saksi, pembawa kabar gembira dan pemberi peringatan, dan untuk menjadi penyeru kepada (agama) Allah dengan izin-Nya dan sebagai cahaya yang menerangi. (al-Aḥzāb/33: 45–46)

Dari bahasan di atas diperoleh gambaran bahwa cahaya atau sinar, selain bermakna denotatif yang dikenal dalam ilmu fisika, juga bermakna konotatif spiritual-rohaniah. Dalam ilmu fisika, cahaya atau sinar merupakan bagian dari gelombang radiasi elektromagnetik yang memiliki spektrum yang terbentang luas dengan panjang gelombang antara 10^{-12} meter (sinar gamma) hingga 10^{3} meter (gelombang radio).

Buku ini berusaha menyajikan bahasan yang berhubungan dengan berbagai fenomena cahaya dan warna, spektrum dan manfaat gelombang elektromagnetik seperti sinar gamma, sinar-x, sampai cahaya tampak, gelombang mikro, dan gelombang radio. Di buku ini juga dibahas sumber-sumber cahaya di alam, utamanya Matahari, cahaya buatan manusia, dan sumber cahaya biologi. Teknologi pemanfaatan gelombang elektromagnetik baik dalam bidang komunikasi, kedokteran, pertanian, astronomi, dan lain-lain akan diuraikan secara populer karena amat dekat dengan kehidupan manusia sehari-hari. Uraian populer diharapkan dapat mendorong masyarakat, terutama generasi muda muslim, untuk mempelajari sains dan teknologi gelombang elektromegnetik yang bermanfaat dalam kehidupan masa kini dan masa depan, di samping mentadaburi sumber segala ilmu, yakni Al-Qur'an.

Selain itu, buku ini juga akan membahas tentang cahaya dalam pengertian kiasan, yang termaktub dalam Al-Qur'an. Bila cahaya dalam makna sesungguhnya adalah penerang kegelapan di Bumi, maka cahaya dalam arti kiasan adalah penerang rohani manusia. Oleh karena itu, baik para nabi dan rasul serta kitab-kitab suci yang diturunkan kepada mereka, juga disebut cahaya, karena mereka menerangi jalan hidup manusia menuju Tuhan, tempat semua manusia akan kembali, dengan rela ataupun terpaksa.

Pembahasan yang didasari dengan fakta ilmiah tetap memiliki keterbatasan untuk mengungkapkan dan memahami makna hakiki dari pesan-pesan yang terkandung dalam ayat-ayat Al-Qur'an secara lengkap. Karena itu, terkadang terjadi perbedaan penafsiran atas ayat-ayat Al-Qur'an yang mungkin dipengaruhi oleh latar belakang ilmu, niat, dan kepentingan masing-masing penafsir. Namun begitu, harus diyakini bahwa kebenaran mutlak Al-Qur'an akan selalu berada di garda depan untuk membimbing nilai-nilai peradaban manusia yang terus berkembang pesat sebagai upaya membuka dan menemukan rahasia ciptaan Allah Yang Mahasempurna. []

BAB II
CAHAYA DAN WARNA

Keberadaan cahaya di alam sekitar kehidupan manusia merupakan suatu hal yang penting dan istimewa. Semua benda di alam dan di lingkungan sekitar dapat kita lihat karena adanya cahaya yang terpantul atau dipantulkan oleh benda-benda tersebut. Tanpa adanya cahaya kehidupan di Bumi dipastikan tidak dapat berjalan baik dan sempurna. Semua makhluk hidup menggantungkan hidupnya baik secara langsung maupun tidak terhadap cahaya. Dikatakan langsung karena indra mata adalah fotoreseptor yang hanya akan bekerja jika ada rangsangan sinar atau cahaya; dan dikatakan tidak langsung karena cahaya terlibat dalam mata rantai proses ekosistem di permukaan Bumi. Bagi manusia atau hewan, mata merupakan instrumen pendeteksi untuk melihat lingkungan sekitar dalam bentuk gambar sehingga mereka mampu mengenali benda dengan jelas dan cepat.

Dengan penglihatan pula manusia dapat mencapai tingkat keyakinan yang tinggi, *'ain al-yaqīn*. Dalam kisah Isra' Rasulullah disebutkan bahwa beliau melihat tanda-tanda kebesaran Tuhannya. Al-Qur'an menjelaskan hal ini dalam Surah an-Najm/53: 17–18,

مَا زَاغَ الْبَصَرُ وَمَا طَغٰى ﴿١٧﴾ لَقَدْ رَاٰى مِنْ اٰيٰتِ رَبِّهِ الْكُبْرٰى ﴿١٨﴾

Penglihatannya (Muhammad) tidak menyimpang dari yang dilihatnya itu dan tidak (pula) melampauinya. Sungguh, dia telah melihat sebagian tanda-tanda (kebesaran) Tuhannya yang paling besar. (an-Najm/53: 17–18)

Ayat ini menjelaskan bahwa penglihatan Nabi tidak mengalami keraguan. Dalam ayat lain bahkan dinyatakan bahwa penglihatan adalah pintu ilmu,

يُقَلِّبُ اللّٰهُ الَّيْلَ وَالنَّهَارَۗ اِنَّ فِيْ ذٰلِكَ لَعِبْرَةً لِّاُولِى الْاَبْصَارِ ﴿٤٤﴾

Allah mempergantikan malam dan siang. Sesungguhnya pada yang demikian itu pasti terdapat pelajaran bagi orang-orang yang mempunyai penglihatan (yang tajam). (an-Nūr/24: 44)

Adanya siang dan malam pun melengkapi kesempurnaan ciptaan-Nya dalam memfungsikan jumlah intensitas cahaya secara arif, cermat, dan terukur merata ke seluruh permukaan Bumi. Dengan begitu manfaat dan kehangatan sinar Matahari dapat dirasakan secara adil dan merata oleh semua makhluk-Nya; suatu rancangan agung Yang Mahasempurna. Mari kita perhatikan firman Allah tentang siang dan malam berikut.

قُلْ اَرَءَيْتُمْ اِنْ جَعَلَ اللّٰهُ عَلَيْكُمُ الَّيْلَ سَرْمَدًا اِلٰى يَوْمِ الْقِيٰمَةِ مَنْ اِلٰهٌ غَيْرُ اللّٰهِ يَأْتِيْكُمْ بِضِيَاۤءٍۗ اَفَلَا تَسْمَعُوْنَ ﴿٧١﴾

Katakanlah (Muhammad), "Bagaimana pendapatmu, jika Allah menjadikan untukmu malam itu terus-menerus sampai hari Kiamat. Siapakah tuhan selain Allah yang akan mendatangkan sinar terang kepadamu? Apakah kamu tidak mendengar?" (al-Qaṣaṣ/28: 71)

Pada awal pembentukan alam semesta diyakini bahwa keberadaan gaya elektromagnetik ikut berperan dalam "menyalakan" cahaya. Terbentuknya materi yang didominasi oleh atom Hidrogen dan atom Helium, telah diikuti dengan munculnya gumpalan awan Hidrogen yang membesar dan ultradingin—merupakan proses pembentukan bintang dalam sebuah galaksi. Di bawah pengaruh gravitasi elemen berat yang mengandung gas ini runtuh, energi potensial gravitasi mengubahnya menjadi energi termal dan gas. Selagi awan nebula terus berputar, gravitasi akan menarik materi ke pusat yang semakin mampat sehingga inti dalam akan semakin panas dan akhirnya memijar, di mana reaksi fusi inti terjadi. Pada proses fusi nuklir, gaya nuklir menghasilkan foton, seperti foton cahaya Matahari yang kita saksikan setiap hari.

Newton (1642–1727) menjelaskan dalam teorinya bahwa cahaya terdiri atas partikel-partikel ringan berukuran sangat kecil yang dipancarkan oleh sumbernya ke segala arah dengan kecepatan yang sangat tinggi. Teori ini sebetulnya bukan hal baru. Pada

pertengahan abad X, atau enam ratus tahun sebelum Newton dan Huygens lahir, Abū 'Aliy al-Ḥasan bin al-Haiṡam (Basrah, 965–1039), seorang ilmuwan muslim, sudah mengatakan bahwa cahaya merupakan kumpulan partikel kecil yang bergerak pada kecepatan tertentu.

Sementara itu, Huygens (1629–1695) berpendapat bahwa cahaya adalah gelombang seperti halnya bunyi. Dua pendapat ini bertentangan, karena tidak mungkin cahaya bersifat gelombang dan sekaligus sebagai partikel. Pada zaman Newton dan Huygens, orang-orang beranggapan bahwa gelombang yang merambat pasti membutuhkan medium, sedangkan ruang antara bintang-bintang dan planet-planet merupakan ruang hampa (vakum).

James Clerk Maxwell (1831–1874), seorang fisikawan Skotlandia, mengemukakan pendapat bahwa cahaya dibangkitkan oleh gejala kelistrikan dan kemagnetan sehingga ia tergolong gelombang elektromagnetik. Dengan demikian, ia berbeda dari gelombang bunyi yang tergolong gelombang mekanik. Gelombang elektromagnetik dapat merambat dengan atau tanpa medium. Kecepatan rambatnya pun amat tinggi bila dibandingkan gelombang bunyi. Pada 1860, ia menemukan rumusan kerangka matematis hubungan antara listrik, magnetisme, dan cahaya. Ia sempat kaget ketika melihat dalam kalkulasinya betapa kecepatan gelombang yang dihitungnya menunjukkan angka yang sama dengan kecepatan cahaya, sedangkan pada saat itu sudah diketahui melalui percobaan bahwa kecepatan cahaya adalah $3x10^8$ meter/detik (670 juta mil/jam) dengan akurasi hingga 1 persen. Pada akhirnya kebenaran pendapat Maxwell ini tidak terbantahkan ketika Hertz (1857–1894) berhasil membuktikannya secara eksperimental, berturut-turut kemudian disusul dengan penemuan-penemuan berbagai gelombang yang tergolong gelombang elektromagnetik, seperti sinar x, sinar gamma, dan gelombang mikro radar.

Fenomena warna pun merupakan salah satu keistimewaan cahaya yang dapat menimbulkan efek warna pada setiap benda. Sebagai contoh, indahnya langit berwarna biru atau gunung yang jauh tampak indah kebiruan, terjadi akibat cahaya Matahari yang mengalami penghamburan ketika melalui lapisan udara atmosfer. Contoh lainnya yaitu pemandangan saat Matahari terbenam; di ufuk barat tampak warna kemerahan yang begitu indah, yang dalam Surah al-Insyiqāq/84: 16 Allah bersumpah dengannya. Allah berfirman,

Maka Aku bersumpah demi cahaya merah pada waktu senja. (al-Insyqāq/84: 16)

Menurut kaidah ilmu fisika, timbulnya cahaya warna kemerahan tersebut akibat efek refraksi cahaya disebabkan perbedaaan kerapatan massa pada lapisan atmosfer. Alhazem alias Ibnu al-Haiṡam adalah orang pertama yang menulis dan menemukan berbagai data penting mengenai cahaya. Dalam salah satu tulisannya ia menjelaskan bahwa warna merah pada senja akan hilang apabila Matahari berada pada 19 derajat di bawah ufuk barat.

Tidak dapat diingkari bahwa dengan didorong inspirasi dan pemahaman atas ayat-ayat Al-Qur’an, seperti Surah an-Nūr/24: 35, al-Furqān/25: 61, Yūnus/10: 5, dan seterusnya, para ilmuwan muslim, seperti al-Kindiy, Ibnu al-Haiṡam, an-Nairīziy, dan lain-lain, telah memberi sumbangan yang sangat berharga pada berbagai cabang sains, tidak terkecuali ilmu fisika tentang berbagai aspek cahaya, termasuk aspek optik, spektrum, refleksi (pemantulan), dan refraksi (pembiasan) cahaya.

Asy-Syams (Matahari) dengan nūr (cahaya atau sinar) memiliki kedekatan yang tidak dapat dipisahkan. Dalam Al-Qur’an keduanya disebutkan berulang sampai 33 kali. Karenanya, dalam membahas cahaya dari berbagai aspek sains dan implementasinya, merujuk pada firman-firman Allah dalam Al-Qur’an menjadi penting. Dalam bahasan ini, di samping cahaya, akan disinggung juga peran dan manfaat gelombang elektromagnetik lainnya.

A. PENGERTIAN CAHAYA DALAM AL-QUR’AN

Dalam Al-Qur’an terdapat tiga kata berbeda yang digunakan untuk menunjukkan sinar atau cahaya, yaitu *nūr*, *ḍiyā’*, dan *sirāj*. Kata *nūr* dijumpai pada Surah Yūnus/10: 5, an-Nūr/24: 35, al-Furqān/25: 61, dan Nūḥ/71: 16; kata *ḍiyā’* pada Surah Yūnus/10: 5; dan kata *sirāj* pada Surah al-Furqān/25: 61, Nūḥ/71: 16, dan an-Naba’/78: 13. Berikut ini penjelasan tentang pengertian masing-masing dari ketiga kata tersebut.

1. *Ḍau’ – Ḍiyā’*

Dalam kamus kosakata Al-Qur’an, *al-Mu‘jam al-Mufahras li Alfāẓ al-Qur’ān*, kata *ḍiyā’* yang merupakan bentuk plural dari *ḍau’*, berarti sesuatu yang terpancar dari benda-benda yang bercahaya. *Ḍau’* berbeda dari *nūr*. *Ḍau’* adalah pancaran yang berasal dari sesuatu yang bersinar, sedangkan *nūr* adalah pancaran yang bersumber dari lainnya. Hal ini diisyaratkan dalam firman Allah,

هُوَ الَّذِيْ جَعَلَ الشَّمْسَ ضِيَاۤءً وَّالْقَمَرَ نُوْرًا وَّقَدَّرَهٗ
مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوْا عَدَدَ السِّنِيْنَ وَالْحِسَابَۗ مَا

خَلَقَ اللّٰهُ ذٰلِكَ اِلَّا بِالْحَقِّ ۗ يُفَصِّلُ الْاٰيٰتِ لِقَوْمٍ يَّعْلَمُوْنَ ۝٥

Dialah yang menjadikan Matahari bersinar dan Bulan bercahaya, dan Dialah yang menetapkan tempat-tempat orbitnya, agar kamu mengetahui bilangan tahun, dan perhitungan (waktu). Allah tidak menciptakan demikian itu melainkan dengan benar. Dia menjelaskan tanda-tanda (kebesaran-Nya) kepada orang-orang yang mengetahui. (Yūnus/10: 5)

Matahari yang memancarkan sinar/cahaya dari dirinya disebut *ḍiyā'*, sedangkan Bulan yang cahayanya bersumber dari lainnya disebut *nūr*.

Dalam Al-Qur'an kata *ḍiyā'* dalam bentuk jamak disebut sebanyak tiga kali, yaitu pada Surah Yūnus/10: 5, al-Anbiyā'/21: 48, dan al-Qaṣaṣ/28: 71, dan tidak ditemukan dalam bentuk mufrad. Dalam bentuk kata kerja, kata yang seakar dengannya disebut dalam bentuk kata kerja masa lampau (*fi'l māḍī*) sebanyak dua kali, yaitu pada Surah al-Baqarah/2: 17 dan 20, dan dalam bentuk kata kerja masa sekarang-mendatang (*fi'l muḍāri'*) sebanyak satu kali, yaitu pada Surah an-Nūr/21: 35 (Amīn al-Khūliy, *Al-Mu'jam*, 4/128).

Menurut sebuah pendapat, kata *nūr* lebih bersifat umum dibanding *ḍau'*. *Nūr* mencakup cahaya/sinar baik yang kuat maupun yang lemah, sedangkan *ḍau'* khusus untuk menunjuk sinar/cahaya yang memancar kuat. Allah disebut *nūr* langit dan Bumi dalam Surah an-Nūr/21: 35. *Nūr* pada ayat ini merupakan kiasan (*tasybīh*) dari petunjuk-Nya kepada manusia yang digambarkan sebagai cahaya di tengah kegelapan malam. Petunjuk-Nya itu menyerupai cahaya di kegelapan malam, sehingga sebagian orang mendapat petunjuk dan sebagian lainnya tersesat. Kalau petunjuk-Nya itu seperti *ḍiyā'* yang tidak menyisakan kegelapan maka tidak seorang pun akan tersesat. Pendapat lain mengatakan, bila cahaya itu bersumber dari dirinya sendiri maka disebut *ḍiyā'*, dan bila bersumber dari lainnya disebut *nūr* (*Rūḥ al-Ma'ānī*, 7/431).

Dalam *Ḥāsyiyah al-Jamal*, seperti dikutip Sayyid Ṭanṭāwiy, cahaya/sinar Matahari disebut *ḍiyā'* karena lebih kuat dan lebih sempurna dibanding *nūr* yang cahaya/sinarnya lebih lemah. Pada ayat di atas keduanya dibedakan ungkapannya, sebab jika disamakan maka manusia tidak bisa membedakan antara siang dan malam. Ini menunjukkan bahwa sinar Matahari lebih kuat dan lebih sempurna dibanding cahaya Bulan (*at-Tafsīr al-Wasīṭ*, 1/2080).

Dalam *at-Taḥrīr wa at-Tanwīr* (6/427), Ibnu 'Āsyūr mengatakan bahwa cahaya Bulan lebih lemah dibanding sinar Matahari sebab intensitasnya lebih sesuai untuk dimanfaatkan oleh makhluk hidup guna melihat sesuatu di tengah kegelapan. Mereka yang tidak terpaksa memanfaatkan sinar itu

di malam hari tidak merasakannya dan tidak pula terganggu karenanya. Seandainya sinar Matahari terus tampak di siang dan malam hari, dengan kekuatan pancaran yang sama, maka manusia tidak akan bisa beristirahat untuk mengembalikan kekuatannya. *Ḍiyā'* adalah cahaya yang memancar dengan kuat, sedangkan *nūr* adalah cahaya yang memancar, terambil dari kata *nār*. *Nūr* lebih umum dibanding *ḍiyā'* karena ia mencakup cahaya yang lemah dan yang kuat sekaligus. Sinar Matahari dapat juga disebut *nūr*, tetapi cahaya Bulan tidak dapat disebut *ḍiyā'*.

Menafsirkan ayat di atas, tim penyusun *Tafsīr al-Muntakhab* menulis.

> *"Tuhan kalianlah yang menciptakan langit dan Bumi; yang menjadikan Matahari memancarkan sinar dan Bulan mengirimkan cahaya. Dialah yang menjadikan tempat-tempat beredarnya Bulan, sehingga cahayanya berbeda-beda sesuai tempat edarnya ini, agar kalian dapat mempergunakannya untuk memperkirakan waktu kalian dan mengetahui bilangan tahun dan hisab. Allah tidak akan menciptakan itu semua kecuali dengan hikmah. Dialah yang menjelaskan bukti-bukti ketuhanan dan kesempuraan kekuasaan-Nya dalam kitab suci-Nya, agar kalian merenunginya dengan akal kalian dan memenuhi tuntutan ilmu pengetahuan."*

2. *Nūr*

Kata ini berasal dari akar kata yang terdiri atas *nūn–wau–rā'*. Dalam Al-Qur'an, ada tiga kata yang terbentuk darinya, yaitu *nār*, *nūr*, dan *munīr*.

Kata *nār* berarti kobaran api yang menimbulkan panas dan membakar. Sebagian besar kata ini disebut dalam Al-Qur'an untuk menunjukkan api neraka di akhirat yang Allah sediakan untuk membakar para pelaku maksiat. Terkadang kata ini digandengkan dengan kata *jahannam*. Dalam Al-Qur'an, keinginan untuk berperang juga diungkapkan dengan mengobarkan api peperangan, sebab bangsa Arab selalu menyalakan api saat hendak berperang guna menandai perang segera dimulai dan pasukan harus bersiap-siap. Kata *nār* juga kadang digunakan dalam bentuk metafor untuk menggambarkan sesuatu yang akan menjerumuskan manusia ke dalam siksa di akhirat, seperti yang terjadi pada pemakan harta anak yatim; ia disebut memakan api neraka di perutnya (al-Baqarah/2: 174). Kata *nār* disebut dalam Al-Qur'an sebanyak 145 kali.

Adapun kata *nūr*, yang disebut dalam Al-Qur'an sebanyak 43 kali, memiliki beberapa makna sebagai berikut.

a. Sinar/cahaya yang bersumber dari benda yang bersinar/bercahaya dan membantu penglihatan. Ini berlaku di dunia dan di akhirat.
b. Keyakinan terhadap kebenaran dan petunjuk yang menyejukkan dan mendamaikan hati. Dalam kori-

dor ini, kata *nūr* biasanya disebut bergandengan dengan kata *ẓulumāt,* yang bermakna keraguan. Sebagian ulama mengartikan *nūr* sebagai keimanan dan *ẓulumāt* sebagai bentuk-bentuk syirik.

c. Pengetahuan, hakikat, dan bukti-bukti yang mendatangkan keyakinan dan kemantapan dalam berakidah, serta menghilangkan keraguan, keguncangan, dan kesesatan dalam berakidah.

d. Kitab suci samawi yang menghilangkan keraguan dan menerangi jalan.

e. Nabi yang datang dengan risalah yang dapat menerangi jalan. *Nūr* bisa juga bermakna kenabian dan agama.

f. *Nūr* bisa juga bermakna *munawwir*, yaitu penerang dan sumber cahaya.

Sementara itu, kata *munīr* berarti jelas dan terang. Ia disebut dalam Al-Qur'an sebanyak enam kali.

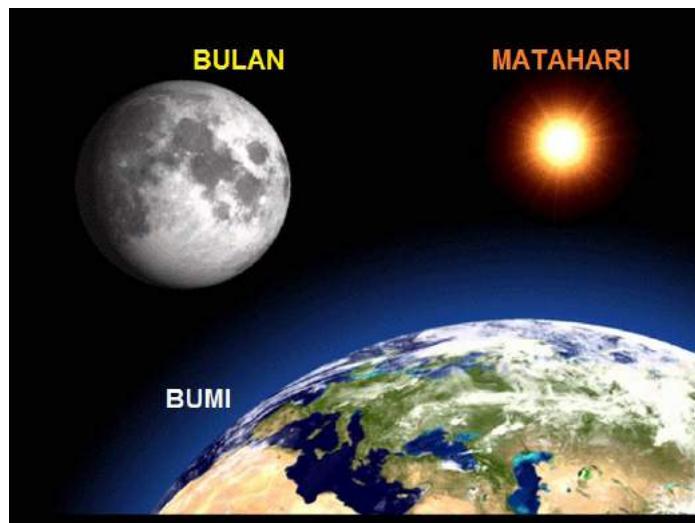
3. Sirāj

Menurut pakar bahasa Arab, Ibnu Fāris, *sirāj* terambil dari akar kata *sa–ra–ja* yang memiliki makna dasar baik, indah, dan hiasan. Lampu disebut *sirāj* karena keindahan cahaya yang dipancarkannya (*Mu'jam Maqāyīs al-Lugah,* 3/122).

Dalam kamus kosakata Al-Qur'an, *sirāj* diartikan lampu yang menyala pada malam hari dengan sumbu dan minyak. Ia juga dapat bermakna segala sesuatu yang bersinar. Bentuk jamaknya *suruj*. *Sirāj* dalam Al-Qur'an bermakna Rasulullah, dan juga Matahari.

Kata ini disebut dalam Al-Qur'an sebanyak empat kali: tiga di antaranya bermakna lampu atau Matahari, yaitu pada Surah al-Furqān/25: 61, Nūḥ/71: 16, dan an-Naba'/78: 13, dan satu di antaranya bermakna Rasulullah, yaitu pada Surah al-Aḥzāb/33: 46. Rasulullah disebut *sirāj* karena beliau diibaratkan lampu yang bersinar dan menjadi petunjuk di tengah kegelapan. Allah berfirman,

تَبٰرَكَ الَّذِيْ جَعَلَ فِى السَّمَاۤءِ بُرُوْجًا وَّجَعَلَ فِيْهَا سِرٰجًا وَّقَمَرًا مُّنِيْرًا ﴿٦١﴾

Mahasuci Allah yang menjadikan di langit gugusan bintang-bintang dan Dia juga menjadikan padanya Matahari dan Bulan yang bersinar. (al-Furqān/25: 61)

وَجَعَلَ الْقَمَرَ فِيْهِنَّ نُوْرًا وَّجَعَلَ الشَّمْسَ سِرَاجًا ﴿١٦﴾

Dan di sana Dia menciptakan Bulan yang bercahaya dan menjadikan Matahari sebagai pelita (yang cemerlang)? (Nūḥ/71: 16)

وَجَعَلْنَا سِرَاجًا وَّهَّاجًاۖ ﴿١٣﴾

Dan Kami menjadikan pelita yang terang-benderang (Matahari). (an-Naba'/78: 13)

Gambar 2.1
Matahari sebagai pelita (sirāj) menyinari (ḍiyā’) Bulan dan Bumi.
Bulan memantulkan cahaya (nūr) ke Bumi; begitu pula Bumi memantulkan cahaya ke Bulan.
(Sumber: astronomie.skyrock.com)

يَٰٓأَيُّهَا ٱلنَّبِيُّ إِنَّآ أَرۡسَلۡنَٰكَ شَٰهِدٗا وَمُبَشِّرٗا وَنَذِيرٗا ٤٥ وَدَاعِيًا إِلَى ٱللَّهِ بِإِذۡنِهِۦ وَسِرَاجٗا مُّنِيرٗا ٤٦

Wahai Nabi! Sesungguhnya Kami mengutusmu untuk menjadi saksi, pembawa kabar gembira dan pemberi peringatan, dan untuk menjadi penyeru kepada (agama) Allah dengan izin-Nya dan sebagai cahaya yang menerangi. (al-Aḥzāb/33: 45–46)

Dalam *Al-Qur’an dan Tafsirnya* (Departemen Agama RI: 2009), dijelaskan bahwa kata *ḍiyā’*, *sirāj,* dan *nūr* digunakan untuk menjelaskan sifat cahaya yang ditimbulkan oleh Matahari dan Bulan.

Jadi, jelaslah bahwa ketika menjelaskan sifat Matahari, Al-Qur’an menggunakan kata *ḍiyā’* atau *sirāj*. Kata *ḍiyā’* mempunyai pengertian bersinar karena dirinya sendiri, atau memancarkan sinar yang berasal dari dirinya sendiri. Adapun *sirāj* berarti pelita, yaitu sesuatu yang memancarkan sinar, dan dengan demikian menjadi sumber cahaya. Dalam tafsirnya, Abdullah Yusuf Ali (1935) menjelaskan bahwa *ḍiyā’* mempunyai arti *shining glory* atau *splendour and glory of brightness* yang berarti terang-benderang. Sedangkan *sirāj* diterjemahkan dengan *lamp,* yang juga berarti pelita atau sumber cahaya. Dengan demikian, *ḍiyā’* dan *siraj* memiliki makna yang serupa, yaitu memancarkan sinar karena dirinya sendiri, karena ia adalah sumber sinar itu. Dengan demikian, *ḍiyā’* dan *sirāj* lebih tepat diterjemahkan menjadi “sinar” atau “bersinar”.

Sementara itu, *nūr* digunakan dalam Al-Qur'an untuk menunjuk Bulan yang bercahaya. *Al-Qur'an dan Tafsirnya* (2009) memaknai *nur* sebagai sesuatu yang bercahaya karena pantulan sinar. Abdullah Yusuf Ali (1935) pun menerjemahkan kata *nūr* dengan *light of beauty,* yang berarti cahaya indah. Dengan demikian, *nūr* lebih tepat diterjemahkan menjadi "cahaya" atau "bercahaya".

Beberapa ayat Al-Qur'an menyebut fungsi Matahari dan Bulan sebagai penerang Bumi, misalnya dalam Surah Yūnus/10: 5, al-Furqān/25: 61, Nūḥ/71: 16, dan an-Naba'/78: 13 yang telah disebutkan sebelumnya.

B. CAHAYA DALAM PANDANGAN ILMU

1. Tinjauan Saintifik atas Surah an-Nūr/24: 35

Allah berfirman,

ٱللَّهُ نُورُ ٱلسَّمَٰوَٰتِ وَٱلۡأَرۡضِۚ مَثَلُ نُورِهِۦ كَمِشۡكَوٰةٖ
فِيهَا مِصۡبَاحٌۖ ٱلۡمِصۡبَاحُ فِي زُجَاجَةٍۖ ٱلزُّجَاجَةُ
كَأَنَّهَا كَوۡكَبٞ دُرِّيّٞ يُوقَدُ مِن شَجَرَةٖ مُّبَٰرَكَةٖ زَيۡتُونَةٖ
لَّا شَرۡقِيَّةٖ وَلَا غَرۡبِيَّةٖ يَكَادُ زَيۡتُهَا يُضِيٓءُ وَلَوۡ لَمۡ
تَمۡسَسۡهُ نَارٞۚ نُّورٌ عَلَىٰ نُورٖۚ يَهۡدِي ٱللَّهُ لِنُورِهِۦ مَن
يَشَآءُۚ وَيَضۡرِبُ ٱللَّهُ ٱلۡأَمۡثَٰلَ لِلنَّاسِۗ وَٱللَّهُ بِكُلِّ شَيۡءٍ
عَلِيمٞ ٣٥

Allah (pemberi) cahaya (kepada) langit dan Bumi. Perumpamaan cahaya-Nya, seperti sebuah lubang yang tidak tembus, yang di dalamnya ada pelita besar. Pelita itu di dalam tabung kaca (dan) tabung kaca itu bagaikan bintang yang berkilauan, yang dinyalakan dengan minyak dari pohon yang diberkahi, (yaitu) pohon zaitun yang tumbuh tidak di timur dan tidak pula di barat, yang minyaknya (saja) hampir-hampir menerangi, walaupun tidak disentuh api. Cahaya di atas cahaya (berlapis-lapis), Allah memberi petunjuk kepada cahaya-Nya bagi orang yang Dia kehendaki, dan Allah membuat perumpamaan-perumpamaan bagi manusia. Dan Allah Maha Mengetahui segala sesuatu. (an-Nūr/24: 35)

a. *Kalimat Allāhu Nūrus-Samāwāti wal-Arḍ (Allah [pemberi] cahaya [kepada] langit dan Bumi)*

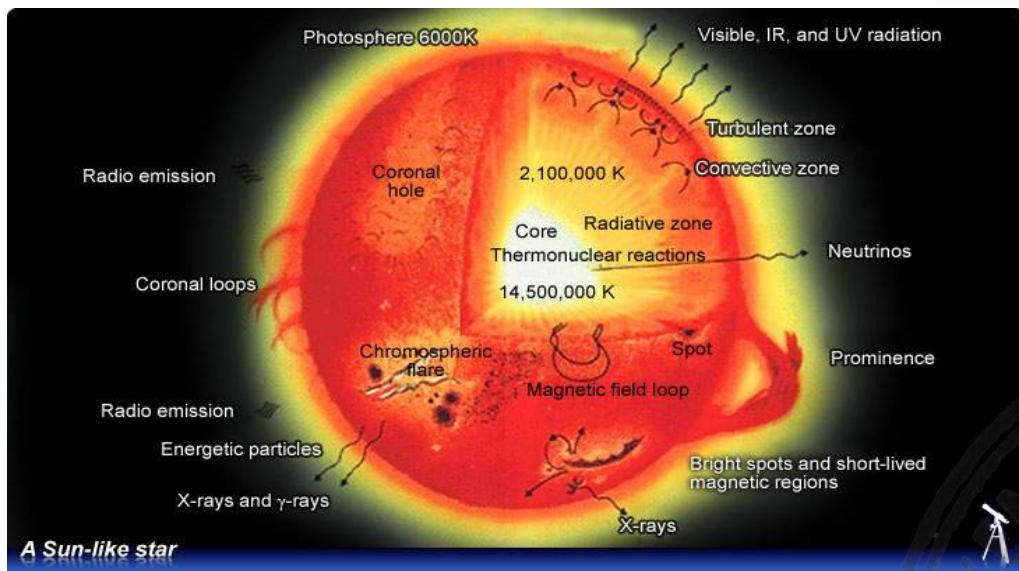
Allah adalah Sang Pencipta. Apa pun yang ada di jagat raya ini adalah ciptaan-Nya, sehingga dapat dikatakan Allah-lah sumber segala yang ada di jagat raya ini. Dengan demikian, kalimat *Allāhu nūrus-samāwāti wa al-arḍ* yang secara harfiah diterjemahkan menjadi *"Allah cahaya langit dan Bumi",* dapat dipahami sebagai "Allah (Pemberi) cahaya (kepada) langit dan Bumi". *Nūr* di sini merupakan refleksi atau pantulan dari kemahakuasaan Allah sebagai Sang Pencipta.

Kalau kita menggunakan makna *nūr* sebagaimana dijelaskan pada subbab sebelumnya, maka kata tersebut pada potongan ayat ini mengandung makna yang luas, mencakup cahaya fisik (ca-

haya penerang jagat raya) dan cahaya maknawi (penerang hati hamba-hamba pilihan-Nya).

b. *Kalimat Maśālu Nūrih (Perumpamaan cahaya-Nya)*

Inilah kalimat pertama yang Allah gunakan untuk menerangkan cahaya-Nya pada langit dan Bumi, yakni cahaya yang diberikan-Nya pada seluruh jagat raya. Sumber cahaya di seluruh jagat raya ini merupakan bintang-bintang atau gugusan bintang-bintang yang jumlahnya jutaan atau bahkan miliaran, dan berada dalam banyak sistem galaksi di antariksa. Jadi, semua sumber cahaya di jagat raya ini merupakan refleksi dari kemahakuasaan Allah. Dengan kalimat, "perumpamaan cahaya Allah (adalah)…", maka kalimat seterusnya menerangkan hakikat cahaya Allah itu, yang dapat ditafsirkan secara fisik sebagai sumber cahaya di jagat raya ini, yang tidak lain adalah bintang-bintang di alam semesta.

Bintang terdekat dari Bumi kita dan terbesar pengaruhnya bagi kehidupan di muka Bumi adalah Matahari. Adapun bintang-bintang lain, karena letaknya yang jauh, maka secara signifikan cahaya mereka tidak mempengaruhi keadaan di Bumi. Mereka hanya menambah keindahan langit pada malam hari. Di antaranya ada bintang-bintang yang berkelompok membentuk rasi bintang, yang menjadi patokan bagi para pelaut atau penangkap ikan untuk menentukan arah pelayaran.

c. *Kalimat Kamisykātin Fīhā Miṣbāḥ (seperti sebuah lubang yang tidak tembus, yang di dalamnya ada pelita besar)*

Kalimat ini tampaknya merupakan gambaran sekilas anatomi Matahari atau bintang—lihat gambar 2.2.

Pada Gambar 2.2 terlihat bahwa inti paling dalam (*core*) dari Matahari merupakan tempat terjadinya reaksi-reaksi termonuklir inti-inti hidrogen dengan panas mencapai sekitar 14. 500.000 °K; sumber cahaya Matahari berasal dari *core* ini. *Core* berada pada bagian paling dalam dari "tubuh" Matahari (bintang), dan tempat *core* ini mungkin yang disebut dengan *misykāt* yang terjemah harfiahnya "cekungan pada dinding". *Core* itu sendiri bisa jadi merupakan *miṣbāḥ* atau "pelita", karena ia merupakan inti terjadinya reaksi-reaksi termonuklir yang menghasilkan cahaya.

d. *Kalimat al-Miṣbāḥu fī Zujājah; az-Zujājatu Ka'annahā Kaukabun Durriy (Pelita itu di dalam tabung kaca [dan] tabung kaca itu bagaikan bintang yang berkilauan)*

Pelita atau *core* itu, atau *al-miṣbāḥ*, berada dalam kaca. Tampaknya yang

Gambar 2.2
Anatomi Matahari. (Sumber: ocw.uci.edu)

disebut "kaca" dalam struktur tubuh Matahari/bintang ini adalah lapisan *convective zone* atau zona konfektif, yang berfungsi menyebarkan panas sebagai hasil reaksi termonuklir dalam *core* ke seluruh tubuh Matahari, sehingga Matahari tampak berkilauan cahayanya. Hal ini seperti fungsi kaca yang melingkupi pelita (misal: lampu minyak); ia menyebarkan/meratakan panas sehingga kaca itu kelihatan terang-cahaya. Begitu pula *az-zujājah*, ia berfungsi meratakan panas/cahaya sehingga bintang tampak berkilauan seperti mutiara (*ka'annahā kaukabun durriy*).

e. *Kalimat Yūqadu min Syajaratin Mubārakatin Zaitūnatin lā Syarqiyyatin wa lā Garbiyyah (yang dinyalakan dengan minyak dari pohon yang diberkahi, [yaitu] pohon zaitun yang tumbuh tidak di timur dan tidak pula di barat) dan Kalimat Yakādu Zaituhā Yuḍī'u walau lam Tamsashu Nār (yang minyaknya [saja] hampir-hampir menerangi, walaupun tidak disentuh api)*

Minyak yang digunakan untuk menyalakan merupakan suatu energi. Dinyatakan pada kalimat di atas bahwa minyak (energi) lampu itu berasal dari pohon zaitun, "yang tumbuh tidak di timur dan tidak pula di barat". Dari kalimat ini dapat dipahami bahwa energi tersebut berasal dari dirinya sendiri.

Reaksi termonuklir yang berada dalam *core* atau inti Matahari memang berasal dari diri Matahari sendiri. Kalimat "yang minyaknya saja hampir-hampir menerangi, walaupun tidak disentuh api" mengisyaratkan betapa hebat energi termonuklir Matahari itu.

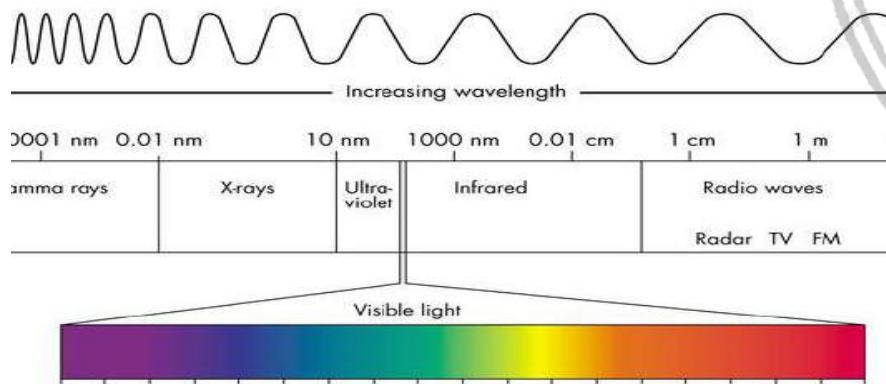
f. Kalimat Nūrun 'alā Nūr (Cahaya di atas cahaya [berlapis-lapis])

Dari kalimat ini dapat dipahami bahwa cahaya yang dipancarkan oleh Matahari merupakan spektrum elektromagnetik/spektrum cahaya yang berlapis-lapis sesuai panjang gelombangnya. Spektrum gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh Matahari meliputi Sinar-γ (λ <0,01 nm); Sinar-X (λ 0,01–10 nm), Cahaya Ultraviolet (λ 10–380 nm), Cahaya Tampak (λ 380–700 nm), Cahaya Inframerah (λ 700 nm–1 mm), Gelombang Mikro (λ 1 mm–1 m), dan Gelombang Radio (λ 1 mm–100.000 km). Mungkin saja inilah yang disebut sebagai *nūrun 'alā nūr*, cahaya di atas cahaya.

g. Kalimat Yahdillāhu Linūrihī man Yasyā' (Allah memberi petunjuk kepada cahaya-Nya bagi orang yang Dia kehendaki)

Kalimat "membimbing kepada cahaya-Nya" mempunyai arti luas. Ditilik dari tafsir fisika, dari kalimat itu dapat dipahami bahwa Allah membimbing siapa yang dikehendaki-Nya untuk bisa memanfaatkan cahaya-Nya. Diketahui bahwa gelombang elektromagnetik yang merupakan cahaya Allah itu telah dimanfaatkan oleh manusia untuk meningkatkan peradabannya. Pencapaian ini merupakan rahmat dan karunia-Nya.

Dalam ilmu fisika, cahaya (*light*) sebagai bundel cahaya atau sinar (*rays*) sebagai berkas cahaya, masuk dalam bagian spektrum gelombang elektromagnetik. Jadi, cahaya (*light*) atau sinar (*rays*) dikenal sebagai bagian dari gelombang elektromagnetik. Berdasarkan panjang gelombangnya (disimbolkan λ), cahaya dapat dibagi menjadi Cahaya Ultraviolet (*ultraviolet light*, λ 10–380 nm), Cahaya Tampak (*visible light*, λ 380–700 nm), dan Cahaya Inframerah (*infrared light*, λ 700 nm–1 mm). Selain itu, gelombang elektromagnetik juga terdiri atas Sinar Gamma (*gamma rays*, λ <0,01 nm), Sinar-X (*X-rays*, λ 0,01–10 nm), Gelombang Mikro (*microwaves*, λ 1 mm–1 m), dan Gelombang Radio (*radiowaves*, λ 1 mm–100.000 km).

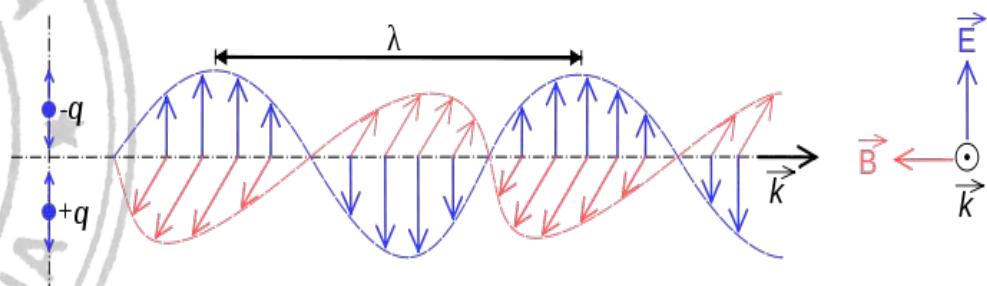
Tabel 1 berikut menunjukkan jenis sinar, cahaya, dan gelombang sebagai bagian dari spektrum gelombang elektromagnetik.

Tabel 1
Spektrum Elektromagnetik.

No	Nama	Panjang Gelombang (λ)	Frekuensi (Hz)
1	Sinar Gamma *(Gamma rays)*	< 0,01 nm	Lbh 30 EHz
2	Sinar-X *(X-rays)*	0,01–10 nm	30 EHz–30 PHz
3	Cahaya Ultraviolet *(Ultraviolet light)*	10–380 nm	30 PHz–790 THz
4	Cahaya Tampak *(Visible light)*	380–700 nm	790 THz–430 THz
5	Cahaya Inframerah *(Infrared light)*	700 nm – 1 mm	430 THz–300 GHz
6	Gelombang Mikro *(Microwaves)*	1 mm–1 m	300 GHz–300 MHz
7	Gelombang Radio *(Radiowaves)*	1 mm–100.000 km	300 GHz–3 Hz

Keterangan:
1 m = 10^3 mm = 10^6 mm = 10^9 nm. 1 EHz = 10^3 PHz = 10^6 THz = 10^9 GHz = 10^{12} MHz = 10^{15} Hz

Gambar berikut ini menjelaskan spektrum elektromagnetik dengan komponen-komponen sinar, cahaya, atau gelombang penyusunnya.

Gambar 2.3
Spektrum Elektromagnetik. (Sumber: www.youtube.com)

1. *Radiasi Elektromagnetik*

(Radiasi EM atau REM) merupakan bentuk energi sinar (*radiant energi*) yang menjalar-kembang (*propagates*) melalui antariksa dalam bentuk gelombang elektromagnetik dan/atau partikel yang disebut foton. Dalam ruang hampa (vakum), REM akan menjalar-kembang pada kecepatan yang

khas, yang dikenal sebagai kecepatan cahaya, sebagai garis-garis berkas-lurus. Oleh suatu partikel bermuatan, REM akan diemisikan atau diabsorpsi. Sebagai suatu gelombang elektromagnetik, REM mempunyai komponen elektrik sekaligus komponen magnetik. Kedua komponen ini saling berosilasi satu terhadap yang lain, tegak-lurus sesamanya; dan tegak-lurus pula pada arah energi dan propagasi gelombang (*wave propagation*).

2. *Sinar Gamma (Gamma Rays)*

Sinar gamma dikenal juga sebagai Radiasi Gamma (disimbolkan γ). Sinar ini merupakan radiasi elektromagnetik berenergi dengan frekuensi yang paling tinggi. Istimewanya sinar γ tidak memiliki massa dan muatan, tetapi ia mempunyai energi foton yang tinggi. Sinar γ merupakan radiasi pengion yang sangat berbahaya bagi makhluk hidup, walaupun daya ionisasinya ma-

Gambar 2.4
Gelombang Cahaya, Gelombang Elektromagnetik (GEM).
(Sumber: rooksheathscience.com)

Seperti telah disinggung sebelumnya, berdasarkan pada frekuensi dan panjang gelombang (λ)-nya, spektrum elektromagnetik dapat dibagi menjadi Gelombang Radio (*radiowaves*), Gelombang Mikro (*microwaves*), Cahaya Inframerah (*infrared light*), Cahaya Tampak (*visible light*), Cahaya Ultraviolet (*ultraviolet light*), Sinar-X (*X-rays*), dan Sinar gamma (*gamma rays*) (Lihat tabel 1).

sih lebih rendah daripada sinar alpha (α) dan sinar beta (β)—keduanya merupakan berkas partikel bermuatan listrik yang tidak termasuk dalam gelombang elektromagnetik. Alhamdulillah sejumlah besar fraksi sinar γ yang berasal dari antariksa, seperti Matahari, ke arah Bumi disaring oleh lapisan ozon, bagian dari lapisan atmosfer Bumi. Sinar γ hanya bisa dideteksi melalui wahana antariksa.

Selain dari Matahari atau bintang-bintang, termasuk pada peristiwa ledakan supernova, sinar γ juga bisa didapat dari peluruhan inti atom yang tidak stabil menjadi inti atom unsur lain yang stabil seraya memancarkan sinar radioaktif. Sinar gamma termasuk dalam spektrum gelombang elektromagnetik yang memiliki frekuensi paling besar atau panjang gelombang terkecil. Karenanya, sinar ini memiliki daya tembus tinggi sehingga dapat menembus plat logam sampai beberapa centimeter. Frekuensi Sinar gamma berada dalam rentang 10^{20} Hz sampai 10^{25} Hz, dan memilki energi di atas 100 keV, dengan panjang gelombang (λ) kurang dari 0,01 nm atau antara 0,0001–0,01 nm.

Daya tembus dari foton gamma memiliki banyak aplikasi dalam kehidupan manusia, dikarenakan ketika sinar gamma menembus beberapa bahan, sinar itu tidak akan membuatnya menjadi radioaktif. Sejauh ini ada tiga radionuklida pemancar gamma yang paling sering digunakan, yakni cobalt -60, cesium-137, dan technetium-99m. Sekarang ini sinar gamma banyak dimanfaatkan dalam bidang kedokteran, di antaranya untuk mengobati penyakit kanker dan mensterilkan peralatan rumah sakit. Selain itu, sinar gamma dapat digunakan untuk melihat kerusakan pada logam, menentukan bibit unggul, dan membuat radioisotop.

3. Sinar X (X-Rays)

Sinar X atau radiasi Sinar X merupakan bentuk radiasi gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang yang sangat pendek, antara 0,01 –10 nm, hanya 1/10.000 panjang gelombang cahaya tampak, atau pada rentang frekuensi 3×10^{16} Hz sampai 3×10^{19} Hz; dengan besar energi berkisar 100 eV–100 ekV.

Sinar X dapat dihasilkan melalui dua cara, yakni proses interaksi radiasi dan proses interaksi tumbukan atau *collisional*. Pada kedua proses ini elektron-elektron proyektil yang ditembakkan akan menumbuk target dan akan berinteraksi dengan atom-atom dari target tersebut. Interaksi elektron dengan inti akan menyebabkan arah pergerakan elektron berubah dan terjadi pengurangan energi kinetik pada elektron tersebut.

Pada proses interaksi radiasi, perubahan arah (pembelokan) dari Sinar X tersebut disebabkan interaksi elektron proyektil dengan medan energi pada inti atom, sebagai target, yang akan disertai dengan pemancaran foton Sinar X yang disebut sebagai *Sinar X breamstarhlung*. Adapun pada proses interaksi tumbukan, elektron proyektil berinteraksi dengan elektron pada kulit-kulit atom, sebagai target, yang akan menghasilkan *Sinar X karakteristik*.

Sinar X dikenal pula dengan nama Sinar (Radiasi) Röntgen, sesuai nama penemunya, yakni Dr. Wilhelm Conrad Röntgen (1845–1923). Ia lahir di Lennep, Jerman. Ia memperoleh gelar doktor pada tahun 1869 dari Universitas Zurich. Pada 1888 ia diangkat menjadi guru besar bidang fisika dan Direktur Lembaga Fisika Universitas Wurburg. Di situlah, pada 1895, ia membuat penemuan yang membuat namanya tersohor, Sinar Röntgen atau Sinar X. Pada 1901 ia menerima nobel fisika, yang untuk pertama kalinya diberikan untuk bidang itu. Dia tutup usia di Munich, Jerman, pada 1923. Salah seorang ilmuwan yang penyelidikannya langsung bersandar dari hasil penemuan Röntgen adalah Antoine Henri Becquerel. Ia, yang semula memiliki agenda utama menyelidiki Sinar X, justru menemukan fenomena radioaktivitas.

Dalam aplikasinya, Sinar X dengan energi yang lebih tinggi bisa dibuat untuk tujuan-tujuan di bidang kedokteran, seperti pada *medical radiography*; maupun untuk tujuan security, misalnya di bandara, hotel, keamanan mal; dan bidang industri. Dalam riset bidang kimia dan metalurgi, Sinar X dapat digunakan untuk menentukan strutur kristal, sekaligus menetapkan struktur kimianya. Metode ini dikenal dengan *X-ray diffraction crystallography* (Kristalografi difraksi sinar X). Selain bermanfaat, Sinar X mempunyai efek/dampak secara biologik yang sangat berbahaya bagi tubuh kita bila digunakan secara berlebihan.

4. *Cahaya Ultraviolet (Ultraviolet light, UV)*

Cahaya UV merupakan radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang (λ) lebih panjang dibanding λ Sinar X dan lebih pendek dibanding λ Cahaya Tampak (*visible light*). Panjang gelombang cahaya UV berada pada rentang 400 nm dan 10 nm, atau dengan daerah rentang frekuensi antara 30 PHz (petahertz) sampai 790 THz (terahertz); dan dengan energi foton berkisar dari 3 eV ke 124 eV. Cahaya ini dinamakan ultraviolet (UV) karena merupakan gelombang magnetik dengan frekuensi yang lebih tinggi dari frekuensi warna violet pada Cahaya Tampak (*visible light*). Frekuensi UV tidak tampak oleh manusia, namun beberapa jenis serangga dan burung bisa melihat cahaya *near*-UV (UV-dekat).

Cahaya UV terdapat pada cahaya Matahari, hasil emisi oleh busur listrik (atau *electric arcs*), dan cahaya khusus seperti lampu merkuri dan *black lights*, atau UV gelombang panjang. Cahaya UV dapat menimbulkan reaksi kimia serta dapat menyebabkan beberapa material berpendar atau berfluoresens. Sejumlah besar fraksi cahaya UV, ter-

masuk yang mencapai permukaan Bumi, digolongkan sebagai "radiasi UV yang tidak mengionisasi" (*non-ionizing radiation*).

Energi spektrum UV yang lebih tinggi, yaitu dengan λ 120–10 nm merupakan cahaya UV ekstrem (*extreme ultraviolet*), dan merupakan cahaya UV "pengion" (*ionizing radiation*). Sebagai akibat dari adanya efek pengion tersebut, cahaya UV pada λ ini (120–10nm) akan diabsorpsi (diserap) oleh gas nitrogen (N_2) yang ada di udara dan bahkan juga akan diserap secara kuat oleh gas oksigen (O_2), sehingga cahaya UV tersebut hanya mempunyai lintasan yang sangat-sangat pendek di udara, dan tidak akan sampai keseluruhannya ke permukaan Bumi.

Namun demikian, keseluruhan radiasi spektrum UV mempunyai sifat-sifat yang menarik, terkait dengan sifat pengion (ionisasi) pada makhluk hayati. Perlu diketahui bahwa kerusakan molekul pada sistem biologik yang disebabkan oleh cahaya pengion UV tidak akan parah, hanya sebatas pada memberikan efek pemanasan yang ringan, seperti pada *sunburn* (kulit terbakar karena cahaya Matahari); tidak lebih dari itu. Sifat ini berasal dari kekuatan foton pada cahaya UV yang mampu mengubah ikatan-ikatan kimia dalam molekul, tanpa melakukan ionisasi atom-atomnya.

Walaupun radiasi UV tidak tampak oleh mata manusia, hampir semua orang menyadari/merasakan efeknya pada kulit, utamanya pada masyarakat berkulit kuning atau putih, seperti timbulnya *suntan* dan *sunburn*. Kulit yang normal akan merespons terhadap radiasi UV dengan dosis kecil dengan menaikkan kadar zat protektif: *melanin* pada lapisan kulit terluar. Namun, radiasi yang terjadi pada dosis yang terlalu banyak dan pada waktu yang terlalu singkat akan mengakibatkan kerusakan sel. Dengan adanya kenyataan bahwa cahaya UV dengan λ pendek atau sedang mempunyai efek yang merusak sel, maka kehidupan di luar samudra-dalam hanya mungkin bisa terjadi karena atmosfer, khususnya lapisan ozon yang menyaring sebagian besar radiasi cahaya UV tersebut.

Sejumlah kecil cahaya UV dengan panjang-gelombang pendek yang mencapai permukaan Bumi akan menyebabkan *sunburn*, *long-term skin damage*, dan kanker kulit. Cahaya Ultraviolet juga bertanggung jawab pada pembentukan vitamin D pada semua makhluk hidup, termasuk manusia. Kesimpulannya, spektrum cahaya UV mempunyai efek bagi kesehatan manusia, baik menguntungkan maupun merugikan.

UV bukan cahaya tampak, tetapi beberapa spesies hewan seperti lebah dan serangga lain dapat melihatnya,

yang itu membantu mereka mencari nektar di bunga. Spesies tanaman bergantung pada penyerbukan yang dilakukan oleh serangga sehingga yang berkontribusi besar pada keberhasilan reproduksi mereka adalah keberadaan cahaya ultraviolet, bukan warna yang bunga perlihatkan kepada manusia. Seperti halnya lebah, burung juga dapat melihat ultraviolet (dengan λ 300–400 nm).

5. *Cahaya Tampak (Visible Light, Vis)*

Cahaya Tampak merupakan bagian dari spektrum elektromagnetik yang tampak/terlihat atau dapat dideteksi oleh mata manusia. Panjang gelombang cahaya tampak ini hanya menempati rentang pita panjang gelombang yang sempit di atas sinar inframerah, yakni pada 390–700 nm. Radiasi elektromagnetik pada rentang panjang gelombang ini dikenal sebagai spektrum Cahaya Tampak (*visible light* atau *light* dengan simbol *Vis*). Frekuensi spektrum Vis berada di sekitar 430–790 THz. Spektrum Vis adalah satu-satunya spektrum gelombang elektromagnetik yang dapat dilihat, semuanya terdiri atas tujuh spektrum warna, yaitu merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila, dan ungu. Sinar berwarna merah memiliki panjang gelombang terpanjang atau dengan frekuensi terkecil, sedangkan warna ungu dengan panjang gelombang terpendek tetapi memiliki frekuensi terbesar.

Spektrum Vis ini tidak mengandung semua warna yang bisa dikenali oleh otak maupun mata manusia sekarang ini. Warna pencampuran seperti pink atau merah muda, dan variasi warna ungu atau magenta, tidak terdapat dalam spektrum ini karena warna-warna tersebut merupakan campuran beberapa panjang gelombang. Warna yang hanya mempunyai satu panjang gelombang disebut sebagai warna murni.

Cahaya Tampak dapat lewat melalui apa yang disebut dengan *optical window* atau jendela optik, yaitu wilayah pada spektrum elektromagnetik yang membolehkan sebagian besar panjang gelombang lewat memasuki atmosfer Bumi tanpa berkurang. Dikatakan jendela optik karena manusia tidak bisa menjangkau wilayah di luar spektrum optik. Inframerah terletak sedikit di luar jendela optik, namun tidak dapat dilihat oleh mata manusia. Contoh fenomena ini adalah bahwa udara yang bersih menyebarkan cahaya biru lebih banyak dibanding dengan panjang gelombang merah, sehingga angkasa pada tengah hari tampak biru.

Radiasi elektromagnetik di luar jangkauan panjang gelombang optik, atau jendela transmisi lainnya, hampir seluruhnya diserap oleh atmosfer. Ba-

nyak spesies yang dapat melihat panjang gelombang di luar jendela optik. Burung, lebah, dan serangga lain dapat melihat cahaya ultraviolet, di luar spektrum Vis.

6. *Cahaya Inframerah (Infrared light, IR)*

Cahaya inframerah, atau disingkat IR, merupakan radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang (λ) yang lebih panjang dibanding λ cahaya tampak, yaitu 700 nm sampai 1 mm. Rentang panjang gelombang ini sesuai dengan frekuensi sekitar 430 THz menurun sampai 300 GHz. Hampir semua radiasi panas (*thermal radiation*) yang diemisikan oleh suatu objek/benda pada suhu mendekati suhu kamar merupakan cahaya infra-merah.

Radiasi IR pertama kali ditemukan oleh seorang ahli astronomi, Sir William Herschel, pada 1800, ketika beliau menyingkap adanya tipe Cahaya Tak Tampak pada spektrum cahaya di luar cahaya merah pada spektrum Cahaya Tampak. Dia menamakannya inframerah (infra dalam bahasa Latin berarti "di bawah").

Sinar inframerah dihasilkan oleh suatu proses yang terjadi di dalam molekul dan benda panas. Getaran atom dalam molekul-molekul benda yang dipanaskan merupakan sumber dari terbentuknya gelombang inframerah. Oleh karena itu, sinar inframerah sering disebut radiasi panas. Hampir separuh (47%) dari total energi cahaya Matahari yang masuk ke Bumi ditemukan dalam bentuk cahaya IR.

Kesetimbangan antara energi IR yang diserap (diabsorpsi) maupun yang dilepas (diemisikan) mempunyai efek kritikal pada cuaca di Bumi. Ketika cahaya IR diemisikan ke atau diabsorpsi oleh suatu molekul organik, gerakan rotasi-vibrasi (*rotational-vibrational movements*) dari molekul-molekul itu akan berubah. Energi IR akan mempengaruhi pola energi vibrasional dalam struktur molekul, melalui perubahan pada momen-dipolnya. Pengaruh ini akan menimbulkan rentang frekuensi yang bermanfaat untuk digunakan pada pengamatan/studi tingkat energi dari molekul-molekul pada simetri yang sesuai. Adapun intensitas sinar inframerah bergantung pada suhu dan warna benda.

Aplikasi cahaya IR banyak digunakan di berbagai bidang, seperti di bidang industri, militer maupun sipil, riset ilmiah termasuk bidang astronomi, maupun aplikasi di bidang kedokteran. Di bidang astronomi dikenal istilah *Infrared astronomy*, yakni menelaah objek pemancar radiasi inframerah. Untuk mendeteksi objek-objek inframerah dipergunakan teleskop inframerah; biasanya pengamatan meng-

gunakan satelit dan teleskop bekerja dalam temperatur yang sangat dingin, misalnya satelit (Infrared Astronomical Satellite-IRAS) menggunakan teleskop dan detektor (untuk mendeteksi informasi inframerah dalam rentang panjang gelombang 12 mikron, 25 micron, 60 mikron, dan 1.000 mikron) yang bekerja dalam temperatur -250 derajat.

Objek inframerah ini umumnya bintang dingin atau bintang raksasa merah (temperaturnya sekitar 4.000 K hingga 2.000 K), atau bahkan bintang sakaratul maut, bintang yang diselubungi debu dalam proses menjadi *planetary nebula*. Selubung debu tersebut mentransformasi cahaya tampak yang dipancarkan bintang menjadi energi termal inframerah. Bila hampir semua energi radiasi bintang telah diubah menjadi energi inframerah maka ia tidak mungkin bisa dideteksi dengan teleskop optik yang besar di planet Bumi. Objek demikian hanya bisa dideteksi dengan teleskop inframerah.

Telaah objek inframerah bisa menjangkau jarak yang lebih jauh, bahkan mencapai kawasan pusat Galaksi. Di arah pusat galaksi merupakan kawasan galaksi Bimasakti yang kaya akan materi antarbintang, serapan materi antarbintang (debu dan gas) dalam daerah inframerah 10 kali lebih kecil dibanding di daerah panjang gelombang Cahaya Tampak.

Instrumen *thermal-infrared imaging* digunakan secara ekstensif bagi tujuan-tujuan militer maupun sipil. Pada aplikasi bidang militer, ia digunakan untuk misalnya *target acquisition, surveillance, night vision,* serta *homing and tracking*.

7. Gelombang Mikro (Microwaves)

Gelombang mikro merupakan bentuk radiasi elektromagnetik dengan rentang panjang-gelombang (λ) 1 mm sampai 1 m atau ekuivalen dengan frekuensi antara 300 GHz sampai 300 MHz. Definisi yang luas ini juga meliputi UHF (Ultra High Frequency) dan EHF (*Extremely Hight Frequency*), keduanya dikenal sebagai gelombang milimeter; dan beberapa sumber memberi batasan yang berbeda-beda. Dalam beberapa hal gelombang mikro meliputi juga keseluruhan pita SHF (*Super High Frequency*), yaitu dari rentang 3–30 GHz atau 10–1 cm.

Aplikasi gelombang mikro sangat luas, antara lain pada:

a. Telekomunikasi, misal pada *point-to-point communication*, transmisi gelombang mikro, maupun untuk aplikasi pada satelit komunikasi. Ia juga diaplikasikan untuk telekomunikasi pada sistem LAN (*Local Area Network Communication*) atau MAN (*Metropolitant Area Network Communication*).

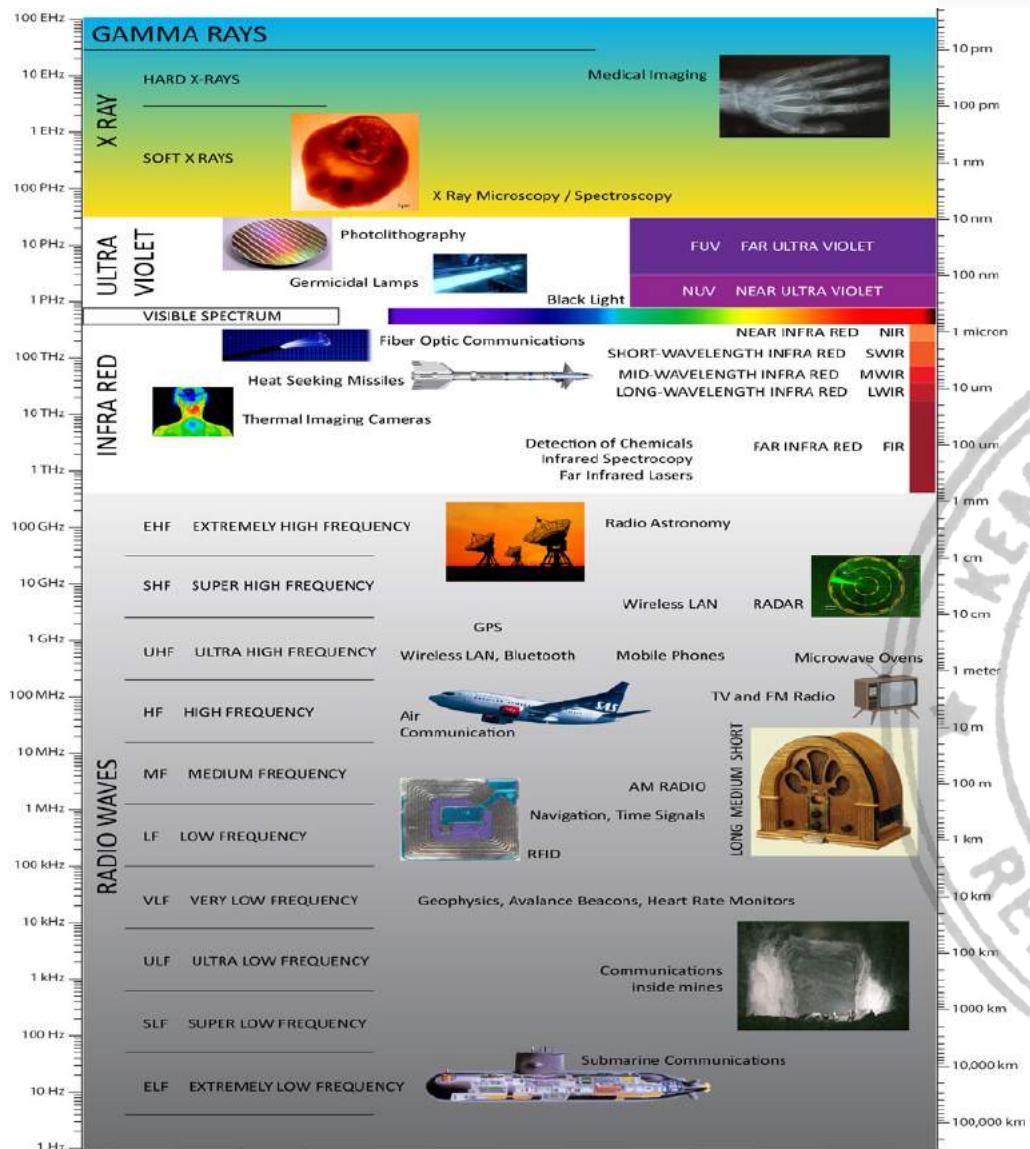
b. Radar (*Radio for Detection and Ranging*, atau Radio untuk Pendeteksi dan Penentuan Jarak). Sistem teknologi pada radar menggunakan radiasi gelombang mikro untuk mendeteksi jarak, kecepatan, dan sifat-sifat karakteristik lainnya dari benda yang berada sangat jauh.
c. Radioastronomi. Semua radioastronomi menggunakan gelombang mikro yang dikhususkan untuk mendeteksi gelombang mikro/submilimeter atau milimeter yang berasal dari molekul dalam ruang antarbintang. Radar astronomi digunakan untuk menentukan jarak Bumi-Bulan, atau melakukan pemetaan dari permukaan planet Venus yang tertutup awan. Program ini pula yang mengantarkan ditemukannya *cosmic microwave background radiation* yang semakin menguatkan dugaan bahwa alam semesta ini berasal dari suatu titik yang kemudian mengembang. Hasil lain yang lebih penting ialah seluruh spektrum elektromagnetik yang dipancarkan oleh sebuah objek dapat diamati.
d. Navigasi. Gelombang mikro digunakan pada *Global Navigation Satellite Systems* (GNSS) atau Sistem Global Navigasi Satelit, *Global Positioning System* (GPS), dll.
e. Spektroskopi. Gelombang mikro digunakan pada spektroskopi *electron paramagnetic resonance* (EPR or ESR). Teknik ini memberi informasi elektron yang tidak berpasangan (*unpaired electrons*) pada molekul kimia, seperti radikal-bebas atau ion logam-transisi.
f. Pemanas. Salah satu sifat gelombang mikro adalah jika ia diserap oleh sebuah benda maka akan muncul efek pemanasan pada benda tersebut, seperti yang terjadi pada *Microwave Oven.* Oven ini melepaskan radiasi gelombang mikro pada frekuensi hampir 2,45 GHz ke dalam makanan, yang akan menyebabkan pemanasan dielektrik (*dielectric heating*), utamanya dengan mengabsorpsi energi dalam air.

8. Gelombang Radio (Radiowaves)

Gelombang radio merupakan jenis radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang (λ) yang lebih panjang daripada λ cahaya inframerah. Gelombang radio mempunyai frekuensi dari 300 GHz sampai serendah 3 kHz, serta sesuai dengan panjang gelombang (λ) yang merentang dari 1 mm sampai 10 km. Sebagaimana halnya semua gelombang elektromagnetik, gelombang radio juga merambat dengan kecepatan cahaya. Gelombang radio yang terjadi di alam dibuat oleh

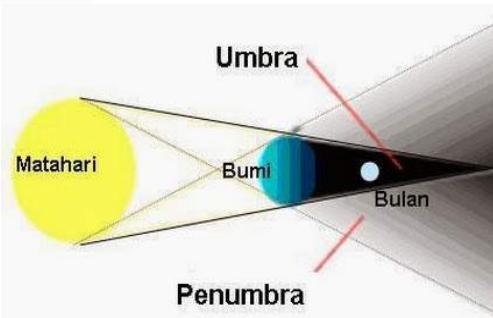
kilat (*lightning*) atau oleh objek astronomi, sedangkan gelombang radio artifisial sering diaplikasikan pada *fixed and mobile radio communication, broadcasting*, radar dan sistem navigasi lainnya, satelit komunikasi, jaringan komputer, dan banyak lagi.

Gambar 2.5 memperlihatkan bagian spektrum elektromagnetik yang terdiri atas berlapis-lapis panjang gelombang (λ), seperti Sinar X, Cahaya UV, Cahaya Tampak, Cahaya IR, gelombang mikro, dan gelombang radio yang dapat dimanfatkan untuk berbagai keperluan guna kemajuan peradaban manusia.

h. Kalimat Wayaḍribullāhul-Amṡāla lin-Nāsi Wallāhu Bikulli Syai'in 'Alīm (Dan Allah membuat perumpamaan-perumpamaan bagi manusia. Dan Allah Maha Mengetahui segala sesuatu)

Dalam kalimat "Allah membuat perumpamaan-perumpamaan bagi manusia" terkandung pesan bahwa kalimat-kalimat yang mendahului kalimat ini bersifat multitafsir karena ia merupakan perumpamaan. Dengan demikian, Surah an-Nūr/24: 35 bisa pula ditafsirkan dari sudut pandang berbeda, seperti sudut pandang rohani (lebih lanjut, baca Bab VI).

2. Karakteristik Cahaya dan Fenomenanya di Alam

Cahaya juga mengenalkan manusia tentang adanya rasionalitas, adanya hukum-hukum alam yang dapat dipahami manusia, adanya keteraturan fenomena di alam semesta, adanya fenomena yang sangat dahsyat, adanya awal dan akhir alam semesta, dan bahwa semuanya bermanfaat bagi manusia. Cahaya merupakan jalan ilmu bagi manusia untuk mengenal kemahabesaran Allah melalui berbagai ciptaan-Nya.

Untuk dapat memanfaatkan GEM, khususnya cahaya, secara arif dan maksimal, kita harus mengetahui lebih jauh sifat atau karakternya. Banyak fenomena alam di sekitar kita yang berkaitan dengan keberadaan Gelombang Elektromagnetik dalam berbagai bentuk, di antaranya cahaya atau sinar. Sebagai contoh, cahaya atau sinar Matahari telah menjadikan permukaan Bumi terang pada siang hari. Dengannya indra penglihatan dapat berfungsi, yaitu melihat alam ciptaan-Nya. Sifat-sifat fisikal tertentu dari cahaya memungkinkan mata dapat melihat, di samping mendatangkan manfaat lainnya bagi kehidupan di Bumi.

Mari kita belajar dari fenomena gerhana Bulan, di mana bayangan Bumi tampak jelas "terproyeksi" pada permukaan Bulan dengan bentuk bu-

Gambar 2.5
Spektrum GEM dan pemanfaatannya.

lat melengkung. Dahulu, bangsa Babilonia Kuno walaupun mampu memprediksi gerhana Bulan dengan cukup akurat, mereka tidak menyadari bahwa gerhana terjadi disebabkan oleh terhalangnya cahaya Matahari yang menyorot ke Bulan oleh Bumi. Terjadinya kegelapan di permukaan Bulan karena cahaya Matahari tertutup oleh Bumi sesaat ketika fenomena gerhana Bulan berlangsung, menjadi bahan renungan lainnya.

Gambar 2.6
Gerhana Bulan. (Sumber: fr.wikipedia.com)

Surah Āli 'Imrān/3: 26–27 menunjukkan ayat universal tentang fenomena gerhana sebagai fenomena "malam dimasukkan ke siang" (dalam gerhana Matahari total, di mana bagian Bulan yang menghadap ke Bumi dalam kondisi malam, sedang Bumi yang mengalami gerhana dalam keadaan siang) dan "siang dimasukkan ke malam" (dalam gerhana Bulan total, di mana wajah Bulan purnama yang sedang siang hari dimasukkan ke umbra dan Bumi dalam keadaan malam).

Berkat fenomena-fenomena alam seperti ini data informasi yang berhubungan dengan sifat-sifat fisik cahaya dapat dirumuskan. Pada waktu gerhana Bulan total, warna Bulan menjadi merah ketika berada dalam umbra Bumi. Seharusnya tidak ada cahaya Matahari yang memasuki kawasan umbra Bumi, namun Bumi memiliki angkasa. Sifat angkasa Bumi dapat membelokkan cahaya, suatu hal yang dikenal sebagai pembiasan cahaya. Lintasan Bulan dalam umbra pun hanya melewati kawasan pembiasan cahaya merah sehingga permukaan Bulan memantulkan cahaya merah.

Pada waktu gerhana Matahari total, bintang yang berada di balik bundaran Matahari bisa tampak di sekitar Matahari. Cahaya itu bergerak merambat mengikuti garis lurus, tidak dapat menembus benda penghalang yang gelap, dan ternyata diketahui pula bahwa cahaya juga dapat dibelokkan oleh medan gravitasi melalui mekanisme "lensa gravitasi". Begitu pula, galaksi-galaksi yang jauh dan pancaran cahayanya ke pengamat di Bumi melewati gugus galaksi akan tampak di sekitar gugus galaksi yang relatif dekat ke Bumi.

a. Cahaya Merambat Lurus

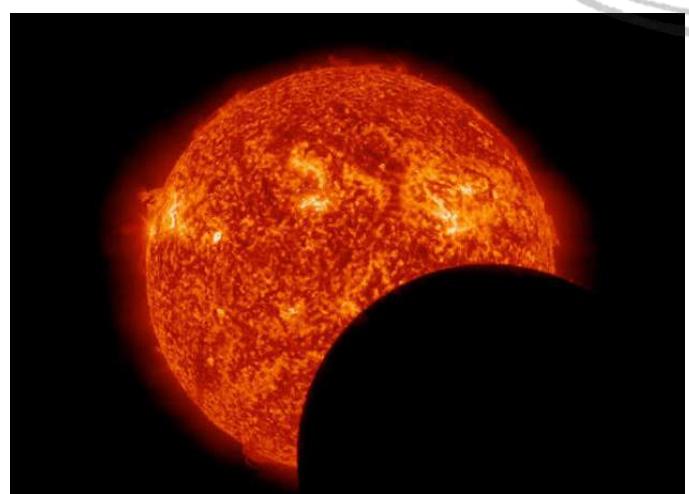
Ketika Huygens berteori tentang cahaya sebagai gelombang maka peristiwa pemantulan, pembiasan, interferensi, dan difraksi dapat dijelaskan dengan tepat. Hanya ada satu hal yang sulit dibuktikan, yaitu sifat cahaya yang merambat lurus. Tetapi, dengan cara dan alat yang sederhana kita dapat membuktikan bahwa cahaya bergerak dengan merambat lurus.

Bukti cahaya merambat lurus tampak pada berkas cahaya Matahari yang menembus masuk ke ruangan yang gelap. Bisa juga dengan memperhatikan

berkas lampu sorot pada malam hari, di mana berkas-berkas itu tampak sebagai batang putih yang lurus pada medium yang homogen. Sifat ini kemudian dimanfaatkan oleh manusia yang lantas mengombinaskan sifat tersebut dengan sifat fisik cahaya lainnya dalam rangka mengembangkan peralatan optik, seperti teropong, teleskop, periskop, dan lain-lain.

Terbentuknya bayang-bayang sebagai konsekuensi keberadaan cahaya dan benda tidak tembus cahaya telah disinggung dalam beberapa ayat Al-Qur'an, di antaranya firman Allah,

وَلِلّٰهِ يَسْجُدُ مَنْ فِى السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ طَوْعًا وَّكَرْهًا وَّظِلٰلُهُمْ بِالْغُدُوِّ وَالْاٰصَالِ ۩ ﴿١٥﴾

Dan semua sujud kepada Allah baik yang di langit maupun yang di Bumi, baik dengan kemauan sendiri maupun terpaksa (dan sujud pula) bayang-bayang mereka, pada waktu pagi dan petang hari. (ar-Ra'd/13: 15)

Ayat ini seakan ingin menegaskan hukum Allah yang berlaku mutlak kepada semua makhluk-Nya—dengan kemauan sendiri maupun terpaksa. Aturan dalam bentuk hukum-hukum alam itulah yang harus digali dan diungkap untuk kemudian dikembangkan menjadi ilmu pengetahuan yang bermanfaat bagi kebaikan dan kesejahteraan manusia. Sesungguhnya spirit Al-Qur'an adalah memberi semangat agar kemajuan keberagaman ilmu dapat dicapai dengan perantaraan belajar.

Apa yang sesungguhnya terjadi ketika Matahari terbenam? Ke mana Bulan ketika bayang-bayang Bumi menutup sepenuhnya cahaya Matahari ke Bulan, sehingga Bulan tidak tampak? Itu semua terjadi karena cahaya tidak dapat menembus materi penghalang yang gelap, seperti Bumi dan Bulan.

Bayang-bayang terbentuk karena cahaya tidak dapat menembus suatu benda. Ketika mengenai Bumi, cahaya Matahari tidak dapat menembus Bumi sehingga terbentuklah bayangan di Bulan, misalnya. Bayangan merupakan daerah gelap yang terbentuk akibat rambatan cahaya terhalang oleh sesuatu. Bayang-bayang hanya akan terproyeksi tajam jika sinar atau cahaya merambat lurus dan pada media homogen.

Gambar 2.7
Bulan melintas di depan Matahari; diambil oleh SDO, NASA. (Sumber: uniqpost.com)

Dari peristiwa bayang-bayang ini pula diperoleh informasi penting lainnya, yaitu:

Pertama, benda tidak tembus cahaya, yakni benda gelap yang tidak dapat ditembus oleh cahaya sama sekali. Benda semacam ini memilki sifat memantulkan semua cahaya yang mengenainya. Contohnya adalah Bumi, Bulan, tanah, batu, tembok, kayu, dan sejenisnya.

Kedua, benda bening, yakni benda-benda yang dapat ditembus cahaya. Benda bening juga sering disebut benda transparan. Benda transparan meneruskan semua cahaya yang mengenainya. Contohnya adalah gelas atau kaca bening dan air jernih.

Ketiga, benda translucent, yakni benda-benda yang dapat meneruskan sebagian cahaya yang datang dan memantulkan sebagian cahaya yang lainnya. Contohnya adalah kain gorden tipis dan beberapa jenis plastik.

b. Cahaya dapat Dipantulkan (Refleksi)

Efek pemantulan terjadi ketika berkas cahaya bertemu atau menumbuk sesuatu yang tidak dapat ditembusnya. Sifat cahaya yang demikian ini ikut berperan penting dalam pengembangan konsep warna dan proses melihat oleh mata. Ibnu al-Haiśam *Kitāb al-Manāẓir* atau *Book of Optics* pada 1021 M menjelaskan refleksi ini. Menurutnya, sinar merupakan aliran partikel energi yang merambat dengan kecepatan konstan, pada jarak tempuh yang lurus, dengan radiasi ke segala arah. Tetapi, lanjutnya, hanya satu sinar yang terlihat, yaitu sinar dengan radiasi tegak lurus terhadap arah pandang mata. Jauh sebelum Ibnu al-Haiśam, ilmuwan Yunani terkemuka, Plato (427–347 SM), Euclid (abad III SM), dan Ptolomeus (100–170 M) justru berpendapat bahwa sistem penglihatan mata manusia itu bekerja karena adanya cahaya yang keluar dari mata yang mengenai objek. Ibnu al-Haiśam adalah orang pertama yang menemukan dan membukukan berbagai data penting mengenai cahaya atau optik.

Memperhatikan dan membandingkan sifat cahaya Bulan dan sinar Matahari adalah bagian dari perenungan untuk memahami isyarat yang diberikan Allah melalui firman-Nya,

وَّجَعَلَ الْقَمَرَ فِيْهِنَّ نُوْرًا وَّجَعَلَ الشَّمْسَ سِرَاجًا ﴿١٦﴾

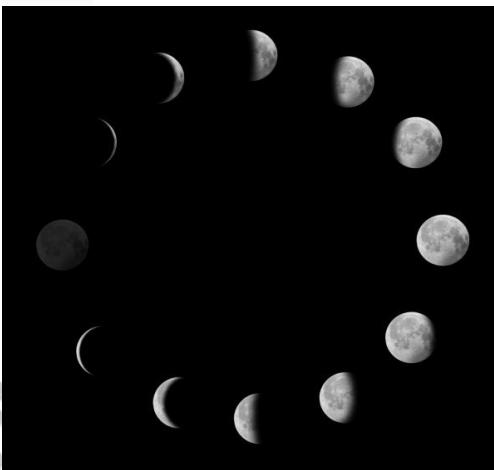
Dan di sana Dia menciptakan Bulan yang bercahaya dan menjadikan Matahari sebagai pelita (yang cemerlang)? (Nūḥ/71: 16)

تَبٰرَكَ الَّذِيْ جَعَلَ فِى السَّمَاۤءِ بُرُوْجًا وَّجَعَلَ فِيْهَا سِرَاجًا وَّقَمَرًا مُّنِيْرًا ﴿٦١﴾

Mahasuci Allah yang menjadikan di langit gugusan bintang-bintang dan Dia juga menjadi-

kan padanya Matahari dan Bulan yang bersinar. (al-Furqān/25: 61)

Kata *sirāj*, seperti dijelaskan sebelumnya, bermakna lampu, pelita, atau penerang; suatu kata yang pada ayat di atas disematkan pada Matahari. Yang demikian ini karena Matahari memiliki cahaya yang berintensitas kuat dan dapat menerangi jagat raya, meski tidak selalu seluruh kawasan mendapatkannya secara bersamaan. Saat suatu kawasan membelakangi Matahari, kawasan itu tidak mendapatkan cahaya Matahari dan menjadi gelap. Uniknya, tempat-tempat seperti itu secara teratur akan mendapat cahaya Matahari "tak langsung". Mereka mendapatkannya dari satelit-satelit di sekelilingnya, seperti Bumi dengan Bulan sebagai satelitnya, atau planet lain dengan satelit-satelitnya.

Efek pemantulan cahaya Matahari oleh Bulan seperti ini menjadikan fenomena terangnya permukaan Bumi pada waktu malam. Secara fisik kita merasakan adanya perbedaan kekuatan intensitas cahaya atau sinar yang dipancarkan oleh Matahari dan Bulan. Kuatnya intensitas sinar Matahari membuat permukaan Bumi terang benderang dan terasa hangat, sedangkan cahaya Bulan hanya bisa menerangi alam secara temaram dan tidak sampai menimbulkan rasa hangat. Seperti halnya Bulan, permukaan Bumi juga terlihat bercahaya. Cahaya Bumi juga berasal dari pantulan cahaya Matahari yang menimpa bidang permukaan Bumi. Pada benda-benda gelap seperti Bulan dan Bumi, hanya sebagian kecil cahaya Matahari yang dipantulkan, sedangkan sebagian besarnya diserap atau ditahan oleh permukaan Bumi, atau oleh permukaan Bulan.

Memanfaatkan sifat pemantulan cahaya ini, manusia dapat mendeteksi posisi Bulan atau Matahari terhadap Bumi yang selalu bergeser secara teratur dan berkala, hingga pada akhirnya manusia dapat merumuskan konsep perhitungan waktu di Bumi. Mari kita perhatikan firman Allah berikut yang mengisyaratkan tentang konsep waktu.

هُوَ الَّذِيْ جَعَلَ الشَّمْسَ ضِيَاۤءً وَّالْقَمَرَ نُوْرًا وَّقَدَّرَهٗ مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوْا عَدَدَ السِّنِيْنَ وَالْحِسَابَۗ مَا خَلَقَ اللّٰهُ ذٰلِكَ اِلَّا بِالْحَقِّۗ يُفَصِّلُ الْاٰيٰتِ لِقَوْمٍ يَّعْلَمُوْنَ ۝٥

Dialah yang menjadikan Matahari bersinar dan Bulan bercahaya, dan Dialah yang menetapkan tempat-tempat orbitnya, agar kamu mengetahui bilangan tahun, dan perhitungan (waktu). Allah tidak menciptakan demikian itu melainkan dengan benar. Dia menjelaskan tanda-tanda (kebesaran-Nya) kepada orang-orang yang mengetahui. (Yūnus/10: 5)

Terlihatnya perubahan "bentuk (pantulan) cahaya" Bulan dari hari ke hari adalah bentuk nyata dari peran

Gambar 2.8
Perubahan bulan mengikuti pergerakan bulan pada orbitnya.
(Sumber: netsains.net)

cahaya Matahari dalam menegakkan konsep waktu (Lihat Gambar 2.8)

c. Cahaya dapat Dibiaskan (Refraksi)

Peristiwa pembiasan cahaya atau refraksi adalah kejadian berbeloknya arah rambat cahaya tatkala melewati dua medium yang berbeda kerapatannya. Pembiasan cahaya dimanfaatkan oleh manusia dalam pembuatan berbagai alat optik. Apabila merambat dari zat yang kurang rapat ke zat yang lebih rapat, cahaya akan dibiaskan mendekati garis normal, misalnya ketika cahaya merambat dari udara ke air. Sebaliknya, apabila merambat dari zat yang lebih rapat ke zat yang kurang rapat, cahaya akan dibiaskan menjauhi garis normal, misalnya cahaya merambat dari air ke udara.

Fenomena pembiasan cahaya sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Ibnu al-Haiṡam adalah ilmuwan muslim yang gemar melakukan penelitian tentang cahaya. Ia adalah orang pertama yang menemukan dan membukukan berbagai data penting tentang cahaya. Kajiannya banyak membahas efek pembiasan cahaya di kala senja sesaat sebelum Matahari terbenam, fenomena lingkaran cahaya di sekitar Bulan dan Matahari, serta bayang-bayang dan gerhana.

1) Fenomena refraksi cahaya saat terbit dan tenggelamnya Matahari

Peristiwa terbitnya Matahari di ufuk timur dan terbenamnya di ufuk barat merupakan ilustrasi dari sekian banyak fenomena alam yang berhubungan dengan cahaya. Kejadian itu dapat disaksikan hampir setiap hari sehingga fenomena alam itu dianggap sesuatu yang biasa, padahal banyak pelajaran yang dapat dipetik darinya. Keduanya adalah peristiwa penting, di mana terbitnya Matahari menandai datangnya siang, dan terbenamnya Matahari menandai datangnya malam. Allah sering menyebut peristiwa siang dan malam sebagai tanda kekuasaan-Nya yang hanya bisa dipahami oleh orang yang mau berpikir. Allah berfirman,

اِنَّ فِيْ خَلْقِ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ وَاخْتِلَافِ الَّيْلِ

وَالنَّهَارِ لَاٰيٰتٍ لِّاُولِى الْاَلْبَابِۙ ﴿١٩٠﴾ الَّذِيْنَ يَذْكُرُوْنَ اللّٰهَ قِيَامًا وَّقُعُوْدًا وَّعَلٰى جُنُوْبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُوْنَ فِيْ خَلْقِ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِۚ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هٰذَا بَاطِلًاۚ سُبْحٰنَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

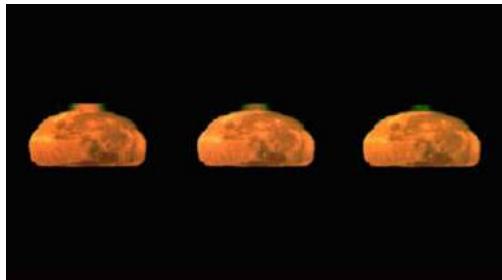
Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan Bumi, dan pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal, (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk atau dalam keadaan berbaring, dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan Bumi (seraya berkata), "Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia; Mahasuci Engkau, lindungilah kami dari azab neraka. (Āli 'Imrān/3: 190–191)

خَلَقَ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضَ بِالْحَقِّۚ يُكَوِّرُ الَّيْلَ عَلَى النَّهَارِ وَيُكَوِّرُ النَّهَارَ عَلَى الَّيْلِ وَسَخَّرَ الشَّمْسَ وَالْقَمَرَۗ كُلٌّ يَّجْرِيْ لِاَجَلٍ مُّسَمًّىۗ اَلَا هُوَ الْعَزِيْزُ الْغَفَّارُ ﴿٥﴾

Dia menciptakan langit dan Bumi dengan (tujuan) yang benar; Dia memasukkan malam atas siang dan memasukkan siang atas malam dan menundukkan Matahari dan Bulan, masing-masing berjalan menurut waktu yang ditentukan. Ingatlah! Dialah Yang Mahamulia, Maha Pengampun. (az-Zumar/39: 5)

Matahari terbit dan terbenam terlihat dari suatu sudut pandang ilmu fisika dikenal sebagai ilusi optik. Karena cahaya Matahari mengalami efek refraksi (pembiasan) oleh atmosfer Bumi yang mengandung partikel kecil seperti partikel debu, aerosol padat lainnya, serta aerosol cair, embun dan sebagainya, maka Matahari terlihat berwarna merah walaupun sementara bagian lainnya masih di bawah horizon.

Gambar 2.9
Matahari Terbit dengan Warna Oranye di Langit. (Sumber: fanfictionhyekyu.wordpress.com)

Begitu pula saat tenggelam, Matahari terlihat berwarna merah. Ketika Matahari mendekati horizon dan menjelang tenggelam, cahayanya akan melewati lapisan atmosfer yang tebal. Akibatnya, panjang gelombang dan cahaya Matahari yang diloloskan hanya panjang gelombang yang panjang, yang didominasi oleh cahaya tampak warna merah dan oranye. Dalam Surah al-Insyiqāq/84: 16 Allah berfirman,

Maka Aku bersumpah demi cahaya merah pada waktu senja. (al-Insyiqāq/84: 16)

Menurut Ibnu al-Haiṡam, cahaya fajar bermula apabila Matahari berada di garis 19 derajat di ufuk timur. Warna merah pada senja pun akan hilang apabila Matahari berada di garis 19 derajat ufuk barat. Dalam kajiannya, ia juga telah berhasil menghasilkan kedudukan cahaya seperti bias cahaya dan pembalikan cahaya.

Gambar berikut memperlihatkan beberapa fenomena alami yang berhubungan dengan gejala refraksi cahaya lainnya, yang dapat ditemui di sekitar kita (lebih lanjut, lihat Lampiran 1)

2) Fenomena fatamorgana

Fatamorgana merupakan sebuah ilusi optik atau khayalan yang terlihat akibat pembiasan cahaya Matahari oleh lapisan-lapisan udara dengan ting-

Gambar kilauan cahaya hijau (Green Flash).

Gambar fenomena distorsi, perubahan bentuk.

Gambar kilauan cahaya merah (Red Flash).

Gambar permukaan bulan tampak agak datar.

Gambar 2.10
Fenomena refraksi cahaya.
(Sumber: geofisika42.wordpress.com)

Gambar 2.11
Fenomena fatamorgana, tampak seperti ada genangan air. (Sumber: bp.blogspot.com)

kat kerapatan berbeda-beda. Peristiwa semacam halusinasi ini memang sering dijumpai di daerah-daerah seperti gurun pasir, jalan beraspal, padang es, bahkan di atas permukaan air laut yang luas. Di gurun pasir, misalnya, seringkali tampak fatamorgana seperti danau atau air, padahal ini merupakan pantulan cahaya langit yang mengenai udara panas kemudian dipantulkan. Udara panas ini berfungsi seperti cermin, yang juga bisa terjadi pada daratan yang luas ketika cuaca sangat terik.

Secara sains dapat dijelaskan bahwa permukaan jalan atau pasir yang disinari Matahari dengan terik akan menghasilkan perbedaan suhu udara yang cukup tajam di dekat permukaan jalan atau pasir tersebut. Lapisan udara yang terbentuk sesungguhnya terdiri atas lapisan udara dengan temperatur yang berbeda secara bertahap, dari yang dingin hingga yang paling panas. Dalam Al-Quran, Allah menjadikan fatamorgana sebagai kiasan atas sia-sianya keyakinan dan perbuatan orang-orang kafir di hari kiamat kelak. Allah berfirman,

وَالَّذِيْنَ كَفَرُوْٓا اَعْمَالُهُمْ كَسَرَابٍۢ بِقِيْعَةٍ يَّحْسَبُهُ الظَّمْاٰنُ مَاۤءًۗ حَتّٰٓى اِذَا جَاۤءَهٗ لَمْ يَجِدْهُ شَيْـًٔا وَّوَجَدَ اللّٰهَ عِنْدَهٗ فَوَفّٰىهُ حِسَابَهٗۗ وَاللّٰهُ سَرِيْعُ الْحِسَابِۙ ٣٩

Dan orang-orang yang kafir, amal perbuatan mereka seperti fatamorgana di tanah yang datar, yang disangka air oleh orang-orang yang dahaga, tetapi apabila (air) itu didatangi tidak ada apa pun. Dan didapatinya (ketetapan) Allah baginya. Lalu Allah memberikan kepadanya perhitungan (amal-amal) dengan sempurna dan Allah sangat cepat perhitungan-Nya. (an-Nūr/24: 39)

Secara sederhana fatamorgana dapat diilustrasikan sebagai lapisan udara paling panas yang berada di dekat permukaan aspal atau pasir yang panas, diikuti berurutan di sebelah atasnya lapisan udara hangat, dan di sebelah atasnya lagi lapisan udara dingin. Lapisan udara dingin memiliki kerapatan lebih besar daripada lapisan udara panas. Mengikuti kaidah ilmu fisika, bila cahaya Matahari datang dari

lapisan udara dingin, yang indeks biasnya lebih besar, menuju lapisan udara yang lebih hangat dengan indeks bias yang lebih rendah, maka ia akan mengalami pembiasan menjauhi garis normal.

Dalam fenomena ini cahaya yang datang dari langit bergerak dari lapisan udara dingin, ke lapisan udara hangat, berikutnya ke lapisan udara panas, secara berangsur dibiaskan menjauhi garis normal sehingga pada akhirnya dibelokkan ke atas ketika cahaya tersebut memasuki lapisan udara panas di dekat permukaan jalan. Cahaya ini dibiaskan ke mata kita seakan-akan cahaya ini datang dari permukaan jalan atau bahkan dari bawah jalan. Karena itulah mata kita melihat bayangan langit seperti genangan air di jalan beraspal atau pasir, suatu gambar dengan sifat yang semu dan terbalik.

3) *Fenomena bintang berkedip*

Saat malam hari di langit tampak bintang-bintang bertaburan indah, berkedip, berkerlap-kerlip seperti lampu, dan terkadang warnanya berubah-ubah dari putih ke biru atau merah dan seterusnya. Sebenarnya bintang memancarkan energinya relatif secara konstan atau stabil setiap saat. Hanya saja, karena Bumi memiliki atmosfer yang terdiri atas banyak lapisan udara dengan temperatur berbeda-beda, maka hal itu menyebabkan lapisan-lapisan udara tersebut "bergerak-gerak", menimbulkan turbulensi (fenomena terjadinya angin atau udara yang bergerak). Turbulensi bentuknya sama seperti ombak atau gelombang di laut dan kolam renang. Bayangkan bila sebuah kolam renang permukaannya beriak atau bergelombang, maka sebuah koin yang tergeletak diam di dasarnya tampak seolah bergerak-gerak. Gerak semu ini terjadi akibat adanya pembiasan atau refraksi.

Menurut ilmu fisika, ketika melewati dua medium yang indeks biasnya berbeda, berkas cahaya akan dibiaskan. Hal yang sama terjadi pada cahaya bintang yang melewati atmosfer Bumi. Ketika memasuki atmosfer Bumi, cahaya bintang akan dibelokkan oleh lapisan udara yang bergerak-gerak. Akibatnya, posisi bintang seakan-akan berpindah-pindah. Karena perubahan posisi yang sangat kecil untuk dapat terdeteksi oleh mata, maka yang tampak hanya berupa kedipan atau kerlap-kerlip. Perpindahan posisi bintang akibat peredaran Bumi mengelilingi Matahari dinamakan aberasi.

Sebetulnya, fenomena tersebut juga berlangsung pada Bulan, planet terang, maupun Matahari. Hanya saja, karena diameter sudut Bulan, Matahari, dan planet jauh lebih besar daripa-

da bintang maka efek kelipannya tidak tampak. Bulan tampak bundar, bintang seharusnya pun tampak bundar. Namun, karena diameternya terlalu kecil akibat jaraknya yang sangat jauh maka bintang tampak sebagai sebuah titik cahaya.

4) *Fenomena hamburan partikel atmosferik*

Fenomena lainnya yang sering kita saksikan adalah hamburan dan penyerapan gelombang elektromagnetik oleh berbagai partikel atmosfer. Besar nilai hamburan dan penyerapan berbeda pada satu panjang gelombang dengan gelombang lainnya. Pada beberapa panjang gelombang tertentu justru peristiwa hamburan atau penyerapan ini tidak terjadi sama sekali. Rentangan panjang gelombang yang tidak terhamburkan atau terserap oleh partikel atmosferik ini dikenal dengan sebutan jendela atmosferik (*atmosferic window*).

Hamburan mengakibatkan pembelokan arah pancaran gelombang elektromagnetik dari jalurnya, sedangkan penyerapan menimbulkan pemindahan energi dari gelombang elektromagnetik ke partikel atmosfer penyerap gelombang tersebut. Ukuran partikel dan panjang gelombang berpengaruh terhadap kejadian hamburan gelombang elektromagnetik. Partikel-partikel penyebab hamburan di antaranya oksigen, nitrogen, dan ozon. Partikel lainnya terdiri atas partikel garam dari penguapan air laut, partikel uap air, dan partikel debu vulkanik maupun debu hasil aktivitas manusia.

Gambar 2.12
Fenomena hamburan Rayleigh; mengapa langit terlihat biru? (Sumber: thecornflower.blogspot.com)

Di antara fenomena hamburan gelombang elektromagnetik adalah apa yang disebut sebagai fenomena Hamburan Rayleigh. Ini terjadi ketika panjang gelombang radiasi lebih besar daripada ukuran partikel penghambur. Panjang gelombang pendek akan terhambur lebih kuat oleh hamburan Rayleigh ini.

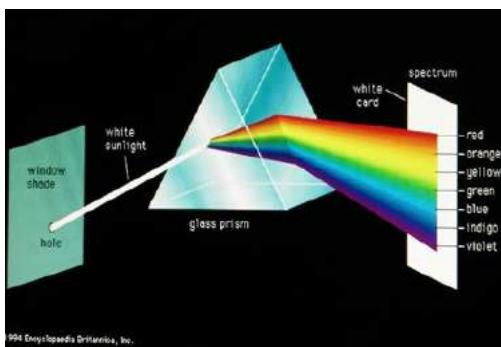
Gelombang biru (0,4–0,5 μm) yang merupakan gelombang terpendek dari spektrum tampak (*visible spectrum*) terhambur oleh pertikel Rayleigh ini. Efek hamburan Rayleigh terhadap gelombang biru ini adalah penampakan warna biru di langit pada siang hari dan adanya warna merah kuning di sore atau pagi hari.

Selain Hamburan Rayleigh, ada pula fenomena Hamburan Mie yang terjadi ketika gelombang elektromagnetik berinteraksi dengan berbagai partikel atmosferik berukuran sama dengan panjang gelombang tersebut. Ada pula fenomena Hamburan non-selektif, yakni hamburan yang menghamburkan hampir seluruh spektrum tampak di atmosfer. Hamburan non-selektif terjadi ketika gelombang elektromagnetik berinteraksi dengan partikel atmosferik berukuran lebih besar daripada panjang gelombangnya. Butiran air hujan dan fragmen es pada awan hujan dapat mengakibatkan hamburan jenis ini. Saat peristiwa ini terjadi, sinar Matahari tidak dapat menembusnya karena seluruh gelombang tampak terhamburkan oleh partikel-partikel air di awan hujan tersebut.

d. Cahaya dapat diuraikan (dispersi)

Pelangi atau bianglala sudah sering kita saksikan saat hujan atau gerimis datang. Kejadian unik ini merupakan fenomena cahaya yang melibatkan bintik-bintik air hujan yang memiliki kerapatan massa atau indeks bias lebih besar daripada udara. Dalam kaidah sains, setiap berkas cahaya yang melintas pada medium berindeks bias berbeda akan mengalami pembiasan atau refraksi. Sementara itu, cahaya (putih) Matahari seperti disebut dalam Surah an-Nūr/24: 35 tersusun atas cahaya yang berlapis-lapis, atau dalam istilah sains disebut cahaya polikromatis (*poly* = banyak, *chroma* = warna).

1) Fenomena pelangi atau bianglala

Ketika cahaya Matahari yang polikromatis itu merambat dari udara menembus lapisan butir-butir air hujan, ia akan terurai menjadi sinar-sinar monokromatis, masing-masing berwarna merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila, dan ungu. Dispersi atau penguraian cahaya ini timbul karena butiran air hujan membelokkan sinar-sinar monokromatis dengan sudut deviasi yang berbeda, tergantung pada panjang gelombang masing-masing. Cahaya-cahaya atau sinar-sinar ini memiliki panjang gelombang yang berbeda, dan setiap panjang gelombang memiliki indeks bias yang berbeda. Semakin kecil panjang gelombangnya, semakin besar indeks biasnya.

Penguraian cahaya ini menjadi warna-warna cahaya monokromatik lebih dikenal dengan sebutan dispersi (hamburan) cahaya. Deretan warna yang tampak disebut spektrum warna. Setiap warna cahaya monokromatik mempunyai indeks bias yang berbeda. Cahaya merah mempunyai indeks bias terkecil, sedangkan cahaya ungu mempunyai indeks bias terbesar. Akibat-

nya, cahaya merah mengalami deviasi (penyimpangan) terkecil, sedangkan warna ungu mengalami deviasi terbesar.

Gambar 2.13
Pelangi. (Sumber: imgkid.com)

Simulasi fenomena pelangi atau bianglala ini dapat juga dilakukan di laboratorium. Untuk menggantikan butiran air, digunakanlah sebuah prisma dari kaca atau gelas. Cahaya putih yang dilewatkan ke dalam prisma ternyata keluar menjadi wujud tebaran warna seperti pelangi, yakni merah, jingga, kuning, hijau, biru, dan ungu.

Sebuah prisma atau kisi-kisi mempunyai kemampuan untuk menguraikan cahaya menjadi warna-warna spektralnya. Indeks cahaya suatu bahan menentukan panjang gelombang cahaya mana yang dapat diuraikan menjadi komponen-komponennya. Untuk cahaya ultraviolet digunakan prisma dari kristal; untuk cahaya putih digunakan prisma dari kaca, dan untuk cahaya infra merah dapat digunakan prisma dari garam batu. Pemisahan warna cahaya putih kini dapat pula dilakukan tanpa memakai prisma, melainkan dengan grating, yang amat berguna dalam spektroskopi.

2) Fenomena optik halo

Ada pula fenomena cahaya lainnya yang sangat mengagumkan, yakni ketika sinar Matahari yang putih menyilaukan dikelilingi oleh cincin, di mana langit pada bagian dalam cincin tersebut tampak lebih gelap dan cincin itu sendiri berwarna seperti pelangi.

Gambar 2.14
Penguraian cahaya putih menjadi pelangi di laboratorium.
(Sumber: cs.uns.edu.ar dan penjagahati-zone.blogspot.com)

Fenomena alam seperti ini dikenal sebagai fenomena optik halo. Halo, atau disebut *nimbus* atau *gloriole*, merupakan fenomena optik yang menampilkan bentuk cincin di sekitar sumber cahaya. Biasanya kejadian ini dapat disaksikan ketika Bulan purnama atau tatkala Matahari terang di siang hari.

Fenomena tersebut terjadi akibat refleksi dan refraksi cahaya Matahari atau Bulan oleh kristal-kristal es yang terdapat di awan cirrus, awan yang terletak di lapisan troposfer, sekitar 5–10 km dari permukaan Bumi. Saat awan cirrus hanya merefleksikan cahaya Matahari, biasanya halo yang terbentuk hanya cincin yang tak berwarna. Kristal es yang jatuh ke permukaan Bumi sambil berotasi dan membiaskan cahaya Matahari atau Bulan, radiusnya sekitar 22 derajat. Bahkan, ada fenomena yang disebut *double halo*, di mana selain halo dengan radius 22 derajat, terdapat pula halo berikutnya dengan radius 46 derajat.

Namun, pada sudut yang tepat, bisa terjadi dispersi sehingga cincin yang tercipta berwarna seperti halnya pelangi. Sudut ini ditentukan oleh indeks refraksi medium tersebut. Fenomena halo juga bisa ditemui saat melihat bohlam yang menyala di ruang gelap atau lampu jalan di malam hari.

Selain beberapa fenomena alam tersebut, kita juga dapat mengamati peristiwa dispersi cahaya pada balon air. Kita dapat menggunakan air sabun untuk membuat balon air. Jika air sabun ditiup di bawah sinar Matahari, akan terlihat berbagai macam warna berkilauan pada permukaan balon air tersebut. Sifat-sifat cahaya ini dapat

Gambar 2.15 *Fenomena optik halo.* (Sumber: egalesmana93.wordpress.com)

dimanfaatkan dalam pembuatan berbagai macam alat optik, seperti periskop, teleskop, kaleidoskop, dan lup.

3) Fenomena Warna

Salah satu faktor yang membuat sesuatu tampak indah di mata manusia adalah warna, di samping faktor bentuk, ukuran, dan sifat fisik benda, serta selera dan faktor psikologis manusia itu sendiri. Seperti diuraikan, hakikat cahaya adalah pancaran energi berbentuk gelombang elekromagnetik, baik dengan panjang gelombang kasat mata maupun tidak. Selain itu, cahaya adalah paket partikel yang disebut foton. Karena kedua sifatnya yang unik ini, pada cahaya berlaku konsep "dualisme gelombang-partikel".

Fenomena cahaya dapat menembus media udara dan air atau dapat dipantulkan oleh permukaan antarmedia, sehingga cahaya lebih bisa diterima dengan perilaku sifatnya sebagai gelombang. Tetapi, pada fenomena pancaran (emisi) cahaya oleh benda bersuhu tinggi, di mana cahaya dapat diserap sebagaimana sinar Matahari diserap oleh daun, maka cahaya lebih memilki karakter sebagai partikel berenergi. Kedua teori ini dapat digunakan untuk menjelaskan adanya berbagai macam cahaya atau sinar yang berhubungan dengan fenomena warna pada benda.

Sedikitnya ada 17 ayat dalam Al-Qur'an yang menyebut secara langsung eksintensi warna ini, di antaranya firman Allah,

وَمِنْ اٰيٰتِهٖ خَلْقُ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ وَاخْتِلَافُ اَلْسِنَتِكُمْ وَاَلْوَانِكُمْۗ اِنَّ فِيْ ذٰلِكَ لَاٰيٰتٍ لِّلْعٰلِمِيْنَ ﴿٢٢﴾

Dan di antara tanda-tanda (kebesaran)-Nya ialah penciptaan langit dan Bumi, perbedaan bahasamu dan warna kulitmu. Sungguh, pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang mengetahui. (ar-Rūm/30: 22)

Sayyid Quṭb dalam *Fī Ẓilāl al-Qur'ān* menjelaskan bahwa kandungan utama ayat ini adalah menjelaskan bukti kebesaran Allah. Penciptaan langit dan Bumi adalah rancangan yang agung, cermat, dan terencana. Bilangan planet, bintang, meteor, tata surya, galaksi, dan supergalaksi tak terhitung. Bumi yang kita huni ini sangat kecil dibandingkan luasnya alam semesta ciptaan-Nya. Bumi tak ubahnya seperti atom yang tersesat, mengapung ringan tak berbobot di lautan angkasa, di antara jutaan bahkan miliaran benda-benda langit. Di antara tanda-tanda kekuasaan-Nya yang menakjubkan itu terselip kalimat "... perbedaan bahasamu dan warna kulitmu." Peletakan kalimat selipan ini pasti punya arti tersendiri terhadap penciptaan

langit dan Bumi, setidaknya terkait dengan planet Bumi tempat manusia tinggal.

Apakah kondisi-kondisi Bumi yang istimewa dengan ukuran yang ideal, komposisi unsur-unsur yang dikandungnya, ataukah orbit yang hampir membentuk lingkaran dengan jarak yang ideal terhadap Matahari sambil berotasi dengan kemiringan sudut tertentu, yang telah menjadikan planet ini layak dan nyaman untuk dihuni? Yang jelas, kondisi-kondisi ini sangat memungkinkan terciptanya iklim dan ekosistem kehidupan yang variatif di permukaan Bumi. Pengaruh jangka panjang yang telah berproses secara evolutif turut menciptakan keindahan Bumi dengan keberagaman bentuk dan warna, dan warna-warni itu bukan hanya ada pada tanaman atau hewan, tetapi manusia pun memiliki warna kulit beragam.

Dalam Surah Fāṭir Allah juga menyebutkan tentang warna. Allah berfirman,

اَلَمْ تَرَ اَنَّ اللّٰهَ اَنْزَلَ مِنَ السَّمَاۤءِ مَاۤءًۚ فَاَخْرَجْنَا بِهٖ ثَمَرٰتٍ مُّخْتَلِفًا اَلْوَانُهَاۗ وَمِنَ الْجِبَالِ جُدَدٌۢ بِيْضٌ وَّحُمْرٌ مُّخْتَلِفٌ اَلْوَانُهَا وَغَرَابِيْبُ سُوْدٌ ﴿٢٧﴾ وَمِنَ النَّاسِ وَالدَّوَاۤبِّ وَالْاَنْعَامِ مُخْتَلِفٌ اَلْوَانُهٗ كَذٰلِكَۗ اِنَّمَا يَخْشَى اللّٰهَ مِنْ عِبَادِهِ الْعُلَمٰۤؤُاۗ اِنَّ اللّٰهَ عَزِيْزٌ غَفُوْرٌ ﴿٢٨﴾

Tidakkah engkau melihat bahwa Allah menurunkan air dari langit lalu dengan air itu Kami hasilkan buah-buahan yang beraneka macam jenisnya. Dan di antara gunung-gunung itu ada garis-garis putih dan merah yang beraneka macam warnanya dan ada (pula) yang hitam pekat. Dan demikian (pula) di antara manusia, makhluk bergerak yang bernyawa dan hewan-hewan ternak ada yang bermacam-macam warnanya (dan jenisnya). Di antara hamba-hamba Allah yang takut kepada-Nya, hanyalah para ulama. Sungguh, Allah Mahaperkasa, Maha Pengampun. (Fāṭir/35: 27–28)

Selain dua ayat di atas, pada Surah az-Zumar/39: 21, Yūnus/10: 24, an-Naḥl/16: 13, al-Baqarah/2: 69 dan 187, Yūsuf/12: 43 dan 46, Āli 'Imrān/3: 106–107, ar-Raḥmān/55: 37 dan 76, aṣ-Ṣāffāt/37: 45–46, Yāsīn/36: 80, serta al-Insān/76: 21 Allah juga menyinggung tentang fenomena warna di alam ini. Di luar itu, ada beberapa ayat lain yang menyinggung fenomena warna secara tidak langsung.

a) Pigmen, cahaya, dan warna benda

Fenomena warna tidak dapat dipisahkan dari keberadaan cahaya dengan karakternya yang unik, seperti sudah diuraikan sebelumnya. Dalam pengertian umum, warna dapat diartikan sebagai sebuah spektrum tertentu di dalam cahaya tampak, atau spektrum optik sebagai bagian dari spektrum elektromagnetik yang dapat dilihat oleh mata manusia. Lengkap-

nya, warna diartikan sebagai pantulan tertentu dari spektrum optik yang dipengaruhi oleh pigmen yang terdapat di permukaan benda. Pigmen atau pewarna itu sendiri merupakan senyawa kimia yang dapat mengubah warna cahaya tampak sebagai akibat proses absorpsi atau penyerapan secara selektif terhadap panjang gelombang pada radiasi cahaya (putih). Molekul pigmen akan menyerap energi pada panjang gelombang tertentu dan memantulkan atau meneruskan panjang gelombang tampak lainnya.

Dari uraian di atas tampak bahwa sedikitnya ada dua faktor utama yang menyebabkan timbulnya warna pada suatu benda objek, yaitu spektrum optik yang mengalami penyerapan dan pemantulan oleh benda objek, dan pigmen benda objek yang berpotensi menyerap dan memantulkan energi cahaya yang diterima. Tanpa ada cahaya atau spektrum optik, benda objek akan terlihat gelap atau tidak tampak. Benda objek akan terlihat berwarna jika sebagian cahaya yang datang dipantulkan, sementara sebagian lainnya diserap. Pantulan cahaya atau spektrum optik inilah yang ditangkap oleh indra mata kita sebagai pancaran warna dari benda objek. Benda objek yang menyerap semua energi cahaya (putih) akan tampak berwarna hitam. Sebaliknya, jika energi cahaya (putih) dipantulkan secara total maka akan membuat benda objek berwarna putih.

Pasangan warna cahaya yang diserap dan warna cahaya yang tampak disebut warna komplementer atau warna kontras, yaitu dua warna yang saling berseberangan dalam lingkaran warna Newton, sehingga apabila digabungkan akan menciptakan warna putih. Berikut adalah tabel warna-warna komplementer. Warna komplementer yang dipantulkan ke mata kita, itulah yang merupakan warna benda objek.

Tabel 2

Warna komplementer.

Radiasi Terabsorpsi		Warna Komplementer
λ (ηm)	**Warna**	
380–450	Ungu	Kuning-Hijau
450–495	Biru	Kuning
495–570	Hijau	Ungu
570–590	Kuning	Biru
590–620	Jingga	Hijau-Biru
620–750	Merah	Biru-Hijau

Sumber: staff.uny.ac.id

Contohnya, baju berwarna kuning pada hakikatnya mengandung zat warna yang menyerap cahaya biru; dan sebaliknya, suatu larutan berwarna biru karena ia menyerap warna kuning. Daun yang berwarna hijau akibat adanya klorofil, menyerap komponen warna ungu dan ultraungu yang penting dalam proses asimilasi (fotosintesis).

Demikian pula yang terjadi pada binatang dan manusia. Kerbau berwarna kuning karena ia mengandung pigmen yang menyerap semua cahaya putih sehingga ia tampak kuning. Adapun kerbau bule, ia tidak punya kelebihan untuk diistimewakan karena justru ia tak punya pigmen. Bulu-bulu binatang seperti burung, ayam, kucing, atau anjing tampak indah karena pada mereka diciptakan berbagai senyawa kimia pembentuk warna atau pigmen. Warna kulit manusia juga berbeda-beda, ada yang berkulit putih, kuning, coklat, atau hitam, sebagai akibat perbedaan pigmen pada kulit yang biasanya bersifat menurun (turunan). Allah tidak membedakan mereka karena kulitnya, tetapi karena ketakwaan mereka kepada-Nya.

Suatu paket cahaya, yang disebut spektrum, yang diterima oleh indra penglihatan kita akan dipersepsikan secara visual sebagai warna. Sinar-sinar monokromatis dengan panjang gelombang berbeda-beda yang diterima oleh mata akan diteruskan ke otak melalui sistem saraf yang kemudian impuls saraf tadi diinterpretasikan sebagai warna. Mata normal manusia dapat menerima panjang gelombang dari 400 sampai 700 nm, meski beberapa orang dapat menerima panjang gelombang dari 380 sampai 780 nm (atau dalam frekuensi 790–400 terahertz). Mata yang telah beradaptasi dengan cahaya biasanya memiliki sensitivitas maksimum di sekitar 555 nm, di wilayah hijau dari spektrum optik.

Diketahui bahwa spektrum radiasi elektromagnetik yang melewati atmosfer Bumi didominasi oleh panjang gelombang yang kasat mata. Radiasi elektromagnetik di luar jangkauan panjang gelombang optik, atau jendela transmisi lainnya, hampir seluruhnya diserap oleh atmosfer. Cahaya dengan panjang gelombang di bawah 400 nm dan di atas 700 nm tidak dapat dilihat oleh manusia. Sinar ultraviolet dan infra merah terletak sedikit di luar jendela optik, di mana keduanya tidak dapat dilihat oleh mata manusia. Beberapa hewan seperti lebah dan burung dapat melihat sinar ultraviolet, sedangkan hewan-hewan lainnya seperti ular Viper dapat "merasakan" infra merah.

b) Cahaya monokromatis

Tidak semua benda objek berwarna dikarenakan memiliki pigmen atau

Gambar 2.16
Warna cahaya kembang api. (Sumber: www.viagensarcoiris.com)

Gambar 2.17
Lampu neon signs. (Sumber: news.indonesiakreatif.net)

senyawa pewarna pada kulit atau permukaannya. Uniknya, mereka terdiri atas bahan-bahan atau unsur-unsur yang berpotensi memancarkan radiasi cahaya dengan panjang gelombang tertentu melalui perlakuan khusus, bisa dengan oksidasi-pembauran, atau merangsangnya dengan energi listrik. Pancaran energi cahaya mereka dapat menjadi sumber cahaya buatan, bahkan sinar laser dapat dimanfaatkan untuk memotong lempengan baja.

Sebagai contoh, kembang api dapat mengeluarkan cahaya warna-warni. Warna itu timbul akibat adanya kandungan berbagai bahan kimia dari logam tertentu di dalam kembang api, yang bila terbakar akan mengeluarkan cahaya tertentu. Garam NaCl mengandung logam Na (natrium) yang dapat menimbulkan warna kuning, Kalium (K) memancarkan cahaya ungu, dan kalsium (Ca) menyebabkan warna merah.

Contoh lainnya ialah lampu neon atau lampu LED. Pada lampu neon yang merupakan jenis lampu lucutan gas, pengisian jenis gas dalam tabung akan menentukan warna lampu. Warna-warni itu berasal dari atom-atom yang berpendar akibat perangsangan arus listrik. Kejadiannya hampir sama dengan pembuatan warna-warni pada kembang api. Atom-atom dari gas yang tereksitasi dengan cepat akan melepaskan kembali energi berlebih itu melalui pancaran cahaya dengan warna khas masing-masing.

Misalnya, gas neon menghasilkan warna cahaya yang khas, yaitu merah jingga. Gas helium menimbulkan cahaya merah jambu keunguan; argon memicu warna ungu kebiruan; kripton membuat warna ungu pucat, dan xenon menghasilkan warna kebiruan. Warna-warna lain juga dapat dibuat dengan menggunakan bahan padat yang berpendar dan menghasilkan warna-warna tersendiri.

Lampu LED merupakan dioda berbahan semikonduktor yang dirancang untuk melepaskan sejumlah banyak foton sehingga dapat menghasilkan cahaya yang tampak oleh mata. Tiap jenis bahan semikonduktor akan mengeluarkan pancaran cahaya dengan warna yang berbeda. Misalnya, AlGaAs memancarkan warna merah dan inframerah, AlGaP memancarkan warna hijau, dan GaP memancarkan warna merah, kuning, dan hijau. Untuk dapat menghasilkan cahaya, setiap bahan semikonduktor membutuhkan tingkat energi yang berbeda pula.

Gambar 2.18
Lampu LED, berwarna-warni. (Sumber: 3d-pictures.picphotos.net)

Dengan mengkombinasikan beberapa jenis LED yang berbeda warna akan didapatkan warna yang diinginkan. Untuk mendapatkan LED dengan cahaya putih, misalnya, dapat dibuat dengan cara melapisi substrat galium nitrida (GaN) dengan fosfor kuning. Karena warna kuning merangsang penerima warna merah dan hijau di mata manusia, kombinasi antara warna kuning dari fosfor dan warna biru dari substrat akan memberi kesan warna putih bagi mata manusia. Ada pula cara lain, yakni dengan cara melapisi fosfor biru, merah, dan hijau di substrat ultraviolet dekat, yang itu kurang lebih sama dengan cara kerja lampu fluoresen. Kini, ada cara baru untuk mendapatkan LED dengan cahaya putih, yaitu dengan menggunakan substrat seng selenida yang dapat memancarkan cahaya biru dari area aktif dan cahaya kuning dari substrat itu sendiri.

c) *Fenomena aurora atau fajar kutub*

Selain fenomena-fenomena di atas, ada pula fenomena Aurora yang hanya bisa disaksikan di daerah kutub. Peristiwa ini tidak setiap waktu dapat disaksikan. Fenomena Aurora atau fajar kutub selalu terjadi di daerah sekitar kutub utara dan kutub selatan magnetik Bumi pada lapisan termosfer, pada ketinggian sekitar 81 km. Fenomena ini muncul di dekat garis lintang 40° utara dan selatan. Dari pengamatan para ilmuwan terungkap bahwa lapisan termosfer dikenal sebagai lapisan transisi antara lapisan mezosfer dan lapisan eksosfer, di mana ada kecenderungan terjadi kenaikan temperatur yang cukup tinggi, mencapai 1.982 °C.

Gambar 2.19
Fenomena Aurora Borealis di kutub sebelah utara.
(Sumber: www.wallpho.com; astropolis.pl)

Aurora terjadi akibat atom-atom yang bertumbukan dengan partikel-partikel bermuatan, terutama elektron dan proton yang berasal dari Matahari. Partikel-partikel tersebut terlempar dengan kecepatan lebih dari 500 mil/detik dan terisap oleh medan magnet Bumi di sekitar kutub utara dan selatan. Warna-warna yang dihasilkan disebabkan oleh benturan partikel dan molekul atau atom yang berbeda. Aurora hijau, misalnya, terjadi akibat benturan partikel elektron dengan molekul nitrogen, dan Aurora merah terjadi akibat benturan partikel elektron dengan atom oksigen.

Aurora yang terjadi di daerah sebelah utara dikenal dengan nama Aurora Borealis, kerap terlihat kemerah-merahan di ufuk utara seolah-olah Matahari akan terbit dari arah tersebut. Fenomena Aurora Borealis selalu terjadi di antara September–Oktober dan Maret–April. Fenomena aurora di sebelah selatan, yang dikenal sebagai Aurora Australis, juga mempunyai sifat-sifat serupa.

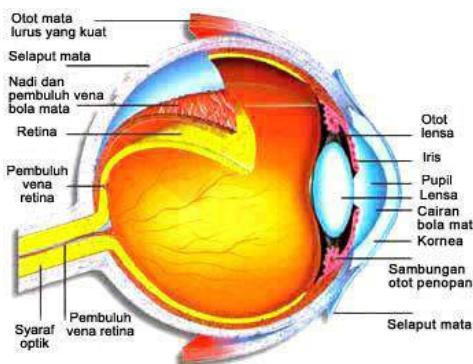
Zaglūl an-Najjār dalam *Min Āyāt al-I'jāz fī Al-Qur'ān al-Karīm* menerangkan bahwa sistem perlindungan Bumi menimbulkan terjadinya fenomena Aurora. Aurora atau fajar kutub terjadi akibat "perlindungan" Bumi oleh medan magnet atmosfer Bumi terhadap partikel-partikel Matahari yang membahayakan. Medan magnet ini bekerja menjauhkan muatan-muatan listrik "yang dibawa" oleh sinar-sinar kosmik bersama pancaran sinar Matahari, dengan cara mengalihkan dan menggiringnya ke atas sehingga hanya berputar di dataran sangat tinggi hingga mencapai 4.000 km atau lebih, dari sabuk-sabuk bermuatan yang lebih dikenal dengan sebutan Sabuk Radiasi Van Allen. Tanpa mekanisme perlindungan ini, Bumi diperkirakan akan dihujani oleh muatan-muatan listrik dalam bentuk petir yang akan membakar apa saja yang disambarnya tanpa menyisakan apa pun.

4) *Respons mata terhadap benda objek*

Indra penglihatan manusia merupakan karunia besar dari Allah yang harus disyukuri. Tanpanya manusia sulit berkembang menjadi makhluk yang cerdas, sekalipun mereka memilki organ penting lainnya. Terbukanya pe-

luang bagi manusia untuk menjadi cerdas adalah ketika indra penglihatan bisa berfungsi di samping indra-indra lainnya. Allah mengingatkan hal tersebut dalam firman-Nya,

وَاللّٰهُ اَخْرَجَكُمْ مِّنْۢ بُطُوْنِ اُمَّهٰتِكُمْ لَا تَعْلَمُوْنَ شَيْـًٔاۙ وَّجَعَلَ لَكُمُ السَّمْعَ وَالْاَبْصَارَ وَالْاَفْـِٕدَةَ ۙ لَعَلَّكُمْ تَشْكُرُوْنَ ﴿٧٨﴾

Dan Allah mengeluarkan kamu dari perut ibumu dalam keadaan tidak mengetahui sesuatu pun, dan Dia memberimu pendengaran, penglihatan, dan hati nurani, agar kamu bersyukur. (an-Naḥl/16: 78)

Ayat ini menjelaskan bahwa sesuai fitrahnya, anak manusia lahir ke dunia dalam keadaan lemah dan tidak berpengetahuan. Secara bertahap kemudian indranya mulai berfungsi, semakin baik, sesuai kehendak-Nya, walaupun konon wujud fisik indra mata dan telinga sudah mulai terbentuk bersamaan dengan terbentuknya bagian kepala pada fase pembentukan embrio, berumur 26–30 hari pascaovulasi, di dalam rahim (Williams P., *Basic Human Embryology*, 1984).

Masih menurut ayat ini, ada tiga "kemampuan" yang Allah karuniakan kepada manusia sebagai bekal untuk mendapatkan ilmu dan pengetahuan, yakni pendengaran, penglihatan, dan hati. Ketiganya memiliki kemampuan atau fungsi yang berbeda, tetapi saling melengkapi. Dengan ketiganya manusia bisa membuka gudang ilmu pengetahuan yang ia butuhkan dalam kehidupannya.

Mari kita fokuskan bahasan pada indra penglihatan. Organ penglihatan yang manusia miliki adalah mata, dengan segala kelengkapannya, yang mempunyai konstruksi amat rumit (lihat Gambar 2.20). Indra mata manusia bersifat fotoreseptor, yang hanya akan bekerja jika ada rangsangan sinar atau cahaya.

Sistem kerja mata manusia memiliki cara kerja otomatis yang sempurna. Lapisan tembus cahaya di bagian depan mata adalah kornea. Tepat di belakangnya terdapat pupil, yang berfungsi mengatur insensitas cahaya yang masuk ke mata. Selain pupil, ada bagian mata yang disebut selaput pelangi, yang berfungsi memberi warna pada mata. Selaput pelangi juga dapat mengubah ukuran pupil secara otomatis sesuai kekuatan cahaya yang masuk, dengan bantuan otot yang melekat padanya. Saat berada di tempat gelap, pupil akan membesar untuk memasukkan cahaya sebanyak mungkin. Begitu kekuatan cahaya bertambah, pupil akan mengecil untuk mengurangi cahaya yang masuk ke mata. Hal yang mempengaruhi perbesaran pupil itu adalah selaput pelangi.

Gambar 2.19
Anatomi mata manusia.
(Sumber: satuankata.wordpress.com)

Kerja mata dimulai ketika cahaya mengenai mata. Sinyal saraf terbentuk dan dikirimkan ke otak sebagai pusat pengolahan data untuk memberikan pesan tentang keberadaan dan kekuatan cahaya. Otak lalu mengirim balik sinyal dan memerintahkan sejauh mana otot di sekitar iris atau selaput pelangi harus mengerut. Bagian mata lainnya yang bekerja bersamaan dengan struktur ini adalah lensa. Lensa bertugas memfokuskan cahaya yang memasuki mata pada lapisan retina di bagian belakang mata. Otot-otot di sekeliling lensa memfokuskan cahaya yang datang ke mata dari berbagai sudut dan jarak ke retina.

Sistem kerja pada mata jauh lebih unggul daripada peralatan mekanik dan sistem perekaman gambar buatan tercanggih dan termodern sekalipun. Jika kita renungkan segala jerih payah dan pikiran yang dicurahkan untuk membuat alat perekam gambar buatan ini, kita akan memahami betapa jauh keunggulan teknologi penciptaan mata. Jika kita mengamati bagian-bagian lebih kecil dari sel mata maka kehebatan penciptaan ini semakin terungkap.

Mekanisme ini melibatkan reaksi ion dalam sel dan menghasilkan energi listrik yang merangsang saraf-saraf yang tepat berada di belakang sel retina. Dengan demikian, bayangan yang ketika mengenai mata berwujud seperti foton cahaya ini meneruskan perjalanannya dalam bentuk sinyal listrik. Sinyal ini berisi informasi visual objek di luar mata. Agar mata dapat melihat, sinyal listrik yang dihasilkan dalam retina harus diteruskan dalam pusat penglihatan di otak. Namun, sel-sel saraf tidak berhubungan langsung satu sama lain. Serangkaian mekanisme rumit terjadi, di mana energi listrik diubah menjadi energi kimia tanpa kehilangan informasi yang sedang dibawa, dan dengan cara ini informasi diteruskan dari satu sel saraf ke sel saraf berikutnya. Molekul kimia pengangkut yang terletak pada titik sambungan sel-sel saraf berhasil membawa informasi yang datang dari mata, dari satu saraf ke saraf yang lain.

Ketika dipindahkan ke saraf berikutnya, sinyal ini diubah lagi menjadi

sinyal listrik dan melanjutkan perjalanannya ke tempat titik sambungan lainnya. Dengan cara ini, sinyal berhasil mencapai pusat penglihatan di otak. Di sini sinyal tersebut dibandingkan dengan informasi di pusat memori. Bayangan tersebut kemudian ditafsirkan, yang pada akhirnya memungkinkan kita dapat melihat benda objek dimaksud. Semua rentetan peristiwa yang menakjubkan ini terjadi dalam waktu kurang dari 1 detik.

Manusia harus ingat atas karunia Allah berupa indra mata sebagai jendela ilmu pengetahuan yang mesti disyukuri, dipelihara, dan dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya. Kesehatannya perlu dijaga karena kelainan pada sistem saraf mata akan mengganggu penglihatan. Kelainan pada saraf mata bisa juga menyebabkan buta warna. Bahkan, kerusakan saraf mata akibat minuman beralkohol yang mengandung metanol (spirtus atau *wood spirits*) dapat menjadikan saraf mata tidak merespons gelombang cahaya yang datang. Ini berarti kebutaan permanen yang sangat sulit untuk disembuhkan. Mari perhatikan dan renungkan firman Allah berikut agar kita berhati-hati dalam kehidupan ini.

وَلَقَدْ ذَرَأْنَا لِجَهَنَّمَ كَثِيرًا مِّنَ الْجِنِّ وَالْإِنسِ ۖ لَهُمْ قُلُوبٌ
لَّا يَفْقَهُونَ بِهَا وَلَهُمْ أَعْيُنٌ لَّا يُبْصِرُونَ بِهَا وَلَهُمْ
آذَانٌ لَّا يَسْمَعُونَ بِهَا ۚ أُولَٰئِكَ كَالْأَنْعَامِ بَلْ هُمْ
أَضَلُّ ۚ أُولَٰئِكَ هُمُ الْغَافِلُونَ ﴿١٧٩﴾

Dan sungguh, akan Kami isi neraka Jahanam banyak dari kalangan jin dan manusia. Mereka memiliki hati, tetapi tidak dipergunakannya untuk memahami (ayat-ayat Allah) dan mereka memiliki mata (tetapi) tidak dipergunakannya untuk melihat (tanda-tanda kekuasaan Allah), dan mereka mempunyai telinga (tetapi) tidak dipergunakannya untuk mendengarkan (ayat-ayat Allah). Mereka seperti hewan ternak, bahkan lebih sesat lagi. Mereka itulah orang-orang yang lengah. (al-A'rāf/7: 179) []

BOKS I
IBNU AL-HAIṠAM (965–1039 M)

Ibnu al-Haiṡam dilahirkan pada 354 H/965 M di Basra, dan wafat pada 430 H/1039 M di Kairo. Nama lengkapnya Abū 'Aliy al-Ḥasan bin al-Haiṡam al-Baṣriy al-Miṣriy. Masyarakat Barat menyebutnya Alhazen, Avenalan, Avenetan, atau Alhazen al-Haytham. Ia adalah ahli fisika dan matematika terbaik pada abad XI. Selain itu, ia tercatat sebagai ahli fisika muslim pertama. Ahli sejarah di Harvard University, George Sarton (penulis *A History of Science*) menyebut al-Haytham sebagai *The Greatest Muslim Physicist and One of The Greatest Student of Optics of All Times* (Fisikawan muslim terbesar dan salah seorang ilmuwan optik terbesar sepanjang masa). Meski berkontribusi besar dalam bidang matematika dan astronomi, justru dalam bidang fisikalah ia mencapai prestasi yang sangat mencolok. Dia adalah seorang pengamat eksak, seorang peneliti, juga ahli teori.

Bradley Steffens, penulis *Ibnu al-Haytham: First Scientist*, mengatakan bahwa di Barat al-Haiṡam juga dijuluki bapak ilmu eksperimental yang telah melahirkan begitu banyak pemahaman di alam semesta. Steffens juga mengatakan, al-Haiṡam sebagaimana ilmuwan muslim lainnya tidak hanya mengumpulkan dan menerjemahkan karya-karya budaya lain, tetapi juga menyerap materi dan mengolahnya dengan kemampuan intelegensia yang dimiliki. Tidak hanya mengandalkan kemampuan berpikir, mereka juga tidak pernah meninggalkan sisi keimanan dan ketakwaan kepada Allah. Hal ini setidaknya ditunjukan dengan kebiasaan Ibnu al-Haiṡam mempelajari teologi, Al-Qur'an, hadis, dan fikih secara mendalam, demikian juga ilmu filsafat.

Teori Cahaya dan Warna menurut al-Haiṡam

Dalam *Kitāb al-Manāẓir,* Ibnu al-Haiṡam mengungkapkan ada dua jenis cahaya, yakni cahaya primer dan cahaya sekunder. Cahaya primer lebih kuat atau lebih tajam (*intense*) daripada cahaya sekunder. Ia juga membagi cahaya menjadi cahaya yang berasal dari sumber cahaya (seperti matahari, bintang, api, lampu, dll.) dan cahaya yang datang dari benda-benda bukan sumber cahaya asli (seperti bulan, cermin, dll.). Cahaya yang berasal sumber cahaya dapat disebut cahaya primer, sedangkan cahaya sekunder merupakan semua cahaya yang datang dari benda-benda yang bukan sumber cahaya, yang terkadang atau bisa jadi hanya ada jika ada sumber cahaya primer.

Ibnu al-Haiṡam juga mengatakan bahwa baik cahaya primer maupun sekunder bergerak merambat lurus. Menurutnya pula, bentuk transparansi merupakan karakteristik dari benda-benda yang "mampu" melewatkan cahaya, seperti udara dan air, meski cahaya tidak selalu dapat lewat sepenuhnya (karena ada kemungkinan sebagiannya diserap atau dipantulkan?). Pada benda buram (atau *opaque objects*), cahaya tidak dapat melewatinya langsung, meskipun ada derajat kekaburan dan transparansi dalam suatu objek yang menentukan berapa banyak cahaya benar-benar dapat melewatinya. Pada benda buram tertentu, ketika permukaannya terkena cahaya, benda itu dapat "memberikan kesan" seolah bercahaya sendiri, sesuatu yang disebut sebagai cahaya sekunder. Cahaya dapat dibelokkan sebagian ketika melalui benda-benda transparan dan juga dapat dipantulkan sempurna seperti pada cermin. Dalam kedua kasus tersebut, cahaya tetap bergerak merambat lurus.

Ibnu al-Haiṡam menyajikan banyak percobaan di bidang optik yang tetap diakui hingga kini, yaitu tentang cahaya dan transmisinya. Ia juga mengungkapkan bahwa warna "memerankan" banyak hal seperti juga cahaya, dengan wujud kualitas yang berbeda bentuk dan bergerak merambat lurus. Melalui eksperimen ia menyimpulkan bahwa warna tidak bisa terjadi tanpa media udara. []

BOKS 2
FOTON

Cahaya pada dasarnya terbentuk dari paket-paket partikel yang memiliki energi dan momentum, tetapi tidak memiliki massa. Partikel ini disebut foton. Foton dilepaskan sebagai hasil pergerakan elektron. Pada sebuah atom, elektron bergerak pada suatu orbit yang mengelilingi sebuah inti atom. Elektron pada orbital yang berbeda memiliki jumlah energi yang berbeda. Elektron yang berpindah dari orbital dengan tingkat energi lebih tinggi ke orbital dengan tingkat energi lebih rendah perlu melepas energi yang dimilikinya. Energi yang dilepaskan ini merupakan bentuk dari foton. Semakin besar energi yang dilepaskan, semakin besar energi yang terkandung dalam foton.

Dalam ilmu fisika mekanika kuantum, foton terdefinisi sebagai partikel elementer dalam fenomena elektromagnetik. Foton dianggap sebagai pembawa radiasi elektromagnetik, seperti cahaya, gelombang radio, dan Sinar X. Foton tidak bermassa, tidak memiliki muatan listrik, dan tidak meluruh secara spontan di ruang hampa. Dalam ruang vakum foton selalu bergerak dengan kecepatan cahaya.

Dalam konsep "dualisme gelombang-partikel", foton dinyatakan memiliki baik sifat gelombang maupun partikel, suatu fenomena di mana cahaya mempengaruhi gerakan muatan listrik. Suatu dugaan penuh intuitif dari Ibnu al-Haiṡam akhirnya pada awal abad XX baru dapat dijelaskan oleh duet Planck dan Einstein secara ilmiah. Ketika itu, Ibnu al-Haiṡam sudah beranggapan bahwa sinar atau cahaya adalah kumpulan partikel kecil yang bergerak dengan kecepatan tertentu. Belakangan, Max Karl Ernst Planck (1858–1947) pada 1901 menjelaskan dalam teorinya bahwa energi cahaya itu terkumpul dalam paket-paket energi yang disebut kuanta atau foton.

Perhatikan ayat berikut, di mana Allah menjelaskan hal yang berhubungan dengan "ukuran" *żarrah* atau atom.

وَمَا تَكُوْنُ فِيْ شَأْنٍ وَّمَا تَتْلُوْا مِنْهُ مِنْ قُرْاٰنٍ وَّلَا تَعْمَلُوْنَ مِنْ عَمَلٍ اِلَّا كُنَّا عَلَيْكُمْ شُهُوْدًا اِذْ
تُفِيْضُوْنَ فِيْهِۗ وَمَا يَعْزُبُ عَنْ رَّبِّكَ مِنْ مِّثْقَالِ ذَرَّةٍ فِى الْاَرْضِ وَلَا فِى السَّمَاۤءِ وَلَآ اَصْغَرَ مِنْ ذٰلِكَ

وَلَآ اَكْبَرَ اِلَّا فِيْ كِتٰبٍ مُّبِيْنٍ ٦١

Dan tidakkah engkau (Muhammad) berada dalam suatu urusan, dan tidak membaca suatu ayat Al-Qur’an serta tidak pula kamu melakukan suatu pekerjaan, melainkan Kami menjadi saksi atasmu ketika kamu melakukannya. Tidak lengah sedikit pun dari pengetahuan Tuhanmu biarpun sebesar żarrah, baik di Bumi ataupun di langit. Tidak ada sesuatu yang lebih kecil dan yang lebih besar daripada itu, melainkan semua tercatat dalam Kitab yang nyata (Lauḥ Maḥfūẓ). (Yūnus/10: 61)

Żarrah adalah ukuran sebuah atom, partikel terkecil dari sebuah benda. Penekanan arti penting ukuran sebuah atom menjadi bagian dari ilmu pengetahuan atau sains. Tetapi, pada ayat di atas Allah menyinggung partikel sub-atomis, yang diungkapkan-Nya dengan frasa “yang lebih kecil dan yang lebih besar daripada (*żarrah*) itu”. Dalam ungkapan “yang lebih besar dari itu” terkandung pengertian suatu komposisi atom-atom, atau yang lebih dikenal sebagai molekul, sedangkan “yang lebih kecil dari itu” dapat diartikan sebagai bagian dari atom atau sejenisnya. Dalam llmu fisika, ada istilah-istilah yang sering digunakan untuk menjelaskan berbagai hal yang berkenaan dengan partikel, mungkin itu proton, neutron, kuark, gluon, ataupun foton. Dan partikel “pembentuk” cahaya itu adalah foton. []

BAB III
SUMBER CAHAYA

Allah telah menyiapkan dan menyediakan berbagai kebutuhan bagi kehidupan makhluk di Bumi. Semua hajat makhluk hidup Dia cukupkan, bahkan cenderung berlimpah. Untuk bernapas makhluk hidup, misalnya, Allah menyediakan oksigen di mana-mana, di sekitar permukaan Bumi. Untuk keperluan makan dan minum mereka, Allah menciptakan sumber makanan dan air di hampir seluruh pelosok Bumi, di darat maupun laut. Allah berfirman,

اَللّٰهُ الَّذِيْ جَعَلَ لَكُمُ الْاَرْضَ قَرَارًا وَّالسَّمَاۤءَ بِنَاۤءً وَّصَوَّرَكُمْ فَاَحْسَنَ صُوَرَكُمْ وَرَزَقَكُمْ مِّنَ الطَّيِّبٰتِۗ ذٰلِكُمُ اللّٰهُ رَبُّكُمْۚ فَتَبٰرَكَ اللّٰهُ رَبُّ الْعٰلَمِيْنَ ٦٤

Allah-lah yang menjadikan Bumi untukmu sebagai tempat menetap dan langit sebagai atap, dan membentukmu lalu memperindah rupamu serta memberimu rezeki dari yang baik-baik. Demikianlah Allah, Tuhanmu, Mahasuci Allah, Tuhan seluruh alam. (Gāfir/40: 64)

Ayat ini menjelaskan jaminan kenyamanan dan kehidupan bagi makhluk penghuni Bumi. Allah telah menyediakan dan mencukupi rezeki mereka dari hal-hal yang baik. Ini membuktikan betapa Allah menciptakan makhluk dengan mekanisme yang sangat terencana, teratur, cermat, dan terukur.

Allah menciptakan cahaya atau sinar sebagai salah satu kebutuhan vital yang berperan penting bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup lain di Bumi. Dengannya indra penglihatan manusia berfungsi dengan baik, dan tanpanya manusia seakan buta. Melalui fenomena siang dan malam Allah menjadikan cahaya alami datang menjangkau seluruh penjuru Bumi secara merata. Sinar Matahari dengan setia mengunjungi dan memberi manfaat bagi kebutuhan hidup makhluk. Selain mendatangkan kehangatan, Matahari juga menjadi sumber cahaya utama bagi kehidupan makhluk di Bumi.

Al-Qur'an menyebut pancaran cahaya Matahari dengan *ḍiyā'*. Pancaran itu dibentuk oleh mekanisme fusi nuklir (melibatkan proses interaksi energi, materi, dan cahaya) dan dayanya sangat besar, sekitar 10^{26} watt. Cahaya Matahari juga sampai ke bintang-bintang lain di langit. Andaikan di bintang Alfa Centauri (berjarak 4,5 tahun cahaya) terdapat makhluk hidup dan mereka melihat ke arah Matahari, maka Matahari akan tampak sebagai sebuah titik cahaya, seperti halnya ketika kita melihat bintang Alfa Centauri. Ruang antarbintang hampir transparan terhadap cahaya bintang. Sebenarnya, terdapat pelemahan cahaya bintang karena ada materi antarbintang, di mana pelemahan ini sangat bergantung pada banyak atau sedikitnya materi antarbintang tersebut.

Produksi cahaya Matahari itu bersama gravitasi Bumi berfungsi sebagai pembentuk biosfer di Bumi yang berotasi atau membentuk "atap langit" atau lapisan atmosfer, dan daya cahaya Matahari tersebut menjadi sumber energi yang rutin menyapa kehidupan di planet Bumi. Terangnya bola gas pijar Matahari dan energinya yang besar menempatkan Matahari sebagai konsentrasi massa yang sangat besar, berfungsi mengikat planet dan menerangi lingkungan tata surya. Dengan penerangan sinar Matahari, manusia di Bumi mengenal beragam batuan dalam tata surya karena mereka memantulkan cahaya Matahari itu.

Selain Matahari, ada sumber-sumber cahaya alami lain, seperti kilat, halilintar, petir, dan nyala api, termasuk berbagai jenis hewan bersinar bioluminesen. Di samping itu, ada juga sumber cahaya buatan, seperti lampu api dan lampu listrik.

A. SUMBER-SUMBER CAHAYA MENURUT AL-QUR'AN

Dari sekian banyak ayat Al-Qur'an yang menjelaskan fenomena cahaya atau sinar, beberapa di antaranya menyinggung sumber cahaya dan macamnya, seperti ayat-ayat berikut.

1. Ayat tentang Matahari

وَجَعَلْنَا سِرَاجًا وَّهَّاجًا ۝١٣

Dan Kami menjadikan pelita yang terang-benderang (Matahari). (an-Naba'/78: 13)

وَالشَّمْسِ وَضُحٰىهَا ۝١

Demi Matahari dan sinarnya pada pagi hari. (asy-Syams/91: 1)

Dua ayat di atas menjelaskan bahwa Matahari, juga bintang-bintang lainnya, diciptakan-Nya untuk menjadi penerang dan sumber cahaya bagi mayapada.

2. Ayat tentang kilat

يَكَادُ الْبَرْقُ يَخْطَفُ اَبْصَارَهُمْ ۗ كُلَّمَآ اَضَاۤءَ لَهُمْ مَّشَوْا فِيْهِ ۙ وَاِذَآ اَظْلَمَ عَلَيْهِمْ قَامُوْا ۗ وَلَوْ شَاۤءَ اللّٰهُ لَذَهَبَ بِسَمْعِهِمْ وَاَبْصَارِهِمْ ۗ اِنَّ اللّٰهَ عَلٰى كُلِّ شَيْءٍ قَدِيْرٌ ࣖ ۝٢٠

Hampir saja kilat itu menyambar penglihatan mereka. Setiap kali (kilat itu) menyinari, mereka berjalan di bawah (sinar) itu, dan apabila gelap menerpa mereka, mereka berhenti. Sekiranya Allah menghendaki, niscaya Dia hilangkan pendengaran dan penglihatan mereka. Sungguh, Allah Mahakuasa atas segala sesuatu. (al-Baqarah/2: 20)

3. Ayat tentang api dari kayu bakar

مَثَلُهُمْ كَمَثَلِ الَّذِى اسْتَوْقَدَ نَارًا ۚ فَلَمَّآ اَضَاۤءَتْ مَا حَوْلَهٗ ذَهَبَ اللّٰهُ بِنُوْرِهِمْ وَتَرَكَهُمْ فِيْ ظُلُمٰتٍ لَّا يُبْصِرُوْنَ ۝١٧

Perumpamaan mereka seperti orang-orang yang menyalakan api, setelah menerangi sekelilingnya, Allah melenyapkan cahaya (yang menyinari) mereka dan membiarkan mereka dalam kegelapan, tidak dapat melihat. (al-Baqarah/2: 17)

B. MATAHARI SEBAGAI SUMBER CAHAYA

Sumber (radiasi) cahaya alami di sistem tata surya kita adalah Matahari. Allah berfirman,

تَبٰرَكَ الَّذِيْ جَعَلَ فِى السَّمَاۤءِ بُرُوْجًا وَّجَعَلَ فِيْهَا سِرَاجًا وَّقَمَرًا مُّنِيْرًا ۝٦١

Mahasuci Allah yang menjadikan di langit gugusan bintang-bintang dan Dia juga menjadikan padanya Matahari dan Bulan yang bersinar. (al-Furqān/25: 61)

هُوَ الَّذِيْ جَعَلَ الشَّمْسَ ضِيَاۤءً وَّالْقَمَرَ نُوْرًا وَّقَدَّرَهٗ مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوْا عَدَدَ السِّنِيْنَ وَالْحِسَابَ ۗ مَا خَلَقَ اللّٰهُ ذٰلِكَ اِلَّا بِالْحَقِّ ۗ يُفَصِّلُ الْاٰيٰتِ لِقَوْمٍ يَّعْلَمُوْنَ ۝٥

Dialah yang menjadikan Matahari bersinar dan Bulan bercahaya, dan Dialah yang menetapkan tempat-tempat orbitnya, agar kamu mengetahui bilangan tahun, dan perhitungan (waktu). Allah tidak menciptakan demikian itu melainkan dengan benar. Dia menjelaskan tanda-tanda (kebesaran-Nya) kepada orang-orang yang mengetahui. (Yūnus/10: 5)

Ayat-ayat di atas, di samping Surah Nūḥ/71: 16 yang telah dibahas sebelumnya, menjelaskan bahwa Allah menciptakan Matahari sebagai sumber cahaya. Dengan cahayanya Matahari menerangi dan memberi kehangatan pada Bumi. Dengan izin dan ketetapan-Nya cahaya Matahari berkontribusi dalam proses asimilasi pada dedaunan sebagai bagian dari mata rantai pengadaan bahan makanan bagi kehidupan makhluk di Bumi. Energi dalam batu bara dan minyak bumi bahkan sebenarnya juga berasal dari Matahari. Melalui pancaran cahaya dan panas Matahari pula Allah menciptakan angin dan hujan, yang dengannya Allah menjamin ketersediaan air untuk memenuhi kebutuhan manusia, hewan, dan tumbuhan.

Matahari terbentuk sekitar 4,6 (atau 4,55) miliar tahun yang lalu akibat runtuh gravitasi (*collapse*) suatu wilayah di dalam sebuah awan molekul besar atau nebula. Energi potensial gravitasi nebula diubah menjadi energi termal di pusat massa yang runtuh gravitasi tersebut. Di pusat massa yang *collapse*, temperatur (temperatur pusat Matahari ≈ 15,6 juta derajat Kelvin = $15{,}6 \times 10^{6}$ °K) dan tekanan menjadi semakin tinggi (tekanan di pusat Matahari ≈ $2{,}26 \times 10^{16}$ Pa (paskal) = $2{,}26 \times 10^{16}$ Newton/m^2 = $2{,}230446583 \times 10^{11}$ atm), dan akhirnya menyulut reaksi fusi termonuklir di pusatnya. Ilmuwan meyakini bahwa bintang-bintang secara umum juga terbentuk melalui proses serupa. Suhu permukaan Matahari mencapai 6.000 °C (5.780 °K), dan secara keseluruhan Matahari tampak kuning kemerahan. Matahari merupakan bintang dengan energi yang dihasilkan melalui proses fusi nuklir, yaitu menggabungkan empat nukleus/inti atom hidrogen menjadi sebuah inti atom helium. Di pusat Matahari berlangsung reaksi fusi yang mampu memfusi 598 juta ton hidrogen dan menghasilkan 594 juta ton inti atom Helium (^{4}He) per detik.

Matahari yang setiap hari memancarkan sinarnya ke Bumi dan planet-planet lain di tata surya kita adalah sumber kehidupan bagi semua makhluk hidup. Pancaran energi Matahari ke Bumi telah berlangsung terus-menerus sejak terbentuknya dan akan terus berlangsung sampai waktu yang belum diketahui. Adalah menarik untuk menggali asal mula energi Matahari yang sejak jutaan tahun lalu terus bersinar, seolah tak akan pernah berhenti.

1. Reaksi Termonuklir

Matahari adalah bintang di pusat tata surya. Bentuknya nyaris bulat dan terdiri atas plasma panas bercampur medan magnet. Diameternya sekitar

1.392.684 km, kira-kira 109 kali diameter Bumi, dan massanya sekitar 2 x 10^{30} kilogram, atau 330.000 kali massa Bumi; massanya mewakili kurang lebih 99,86% massa total tata surya.

Sampai dengan pertengahan abad ke-19, saat orang belum mengenal reaksi nuklir, orang masih menganggap energi Matahari berasal dari bola api besar yang sangat panas. Dari sini timbul pertanyaan, apa yang menjadi bahan bakar bola api tersebut. Para ilmuwan pada saat itu belum bisa menjawab dengan tepat. Kayu, batubara, minyak, atau bahan bakar lainnya yang mungkin ada di Matahari dan dibakar berdasarkan reaksi kimia biasa dapat menimbulkan bola api sedemikian besar. Itu tidak mungkin karena berdasarkan perhitungan reaksi kimia, energi yang dihasilkan hanya akan bertahan beberapa ribu tahun, dan setelah itu Matahari akan padam.

Hans Albrecht Bethe (1906–2005), seorang profesor fisika keturunan Jerman dari Universitas Cornell, AS, yang pernah meraih Nobel Fisika tahun 1967, pada 1939 menduga untuk pertama kali bahwa telah terjadi suatu reaksi termonuklir yang sangat dahsyat di Matahari. Energi Matahari yang sangat panas tersebut disebabkan oleh reaksi fusi, yakni penggabungan inti atom yang ringan menjadi inti atom yang lebih berat.

Studi dan penelitian para ahli kemudian menyimpulkan bahwa energi Matahari berasal dari reaksi nuklir, bukan reaksi kimia. Reaksi nuklir merupakan reaksi fusi, yakni penggabungan empat inti atom hidrogen (^{1}H) membentuk sebuah inti atom helium (^{4}He). Hidrogen berproton 1 atau H^{1} bergabung membentuk He berproton 2 dan bernetron 2 atau ^{4}He.

$$H^{1} + H^{1} \longrightarrow He^{2} + \gamma \,;$$

Dalam reaksi fusi nuklir, pembakaran Hidrogen (di pusat bintang dengan temperatur 10^{6} °K menyulut reaksi termonuklir atau pembakaran Hidrogen) berlangsung sangat cepat. Reaksi fusi (penggabungan) dua proton (inti atom Hidrogen) akan membentuk inti atom Helium (2He); melalui mekanisme reaksi electromagnet, di mana isotop Helium 2He diubah menjadi deuteron 2H. Pada mekanisme ini, isotop 2He akan mengalami peluruhan (*beta decay*, memancarkan elektron) menjadi deuteron 2H. Gaya nuklir tidak cukup kuat untuk mengikat dua proton dalam status isotop Helium 2He, sehingga dalam reaksi fusi, isotop Helium 2He digantikan oleh deuteron 2H; suatu isotop Hidrogen dengan massa 2 amu.

Dalam reaksi ini positron e^{+} yang terbentuk akan mengalami anihilasi yang dikuti dengan pelepasan energi sebesar 1,02 MeV. Sementara dalam

reaksi fusi nuklir proton-proton akan menghasilkan energi 26 MeV setiap pembentukan 1 inti atom Helium ($^{2}He_{4}$) yang terdiri atas 2 proton dan 2 netron, dan sebagian proton akan berubah melalui proses fusi nuklir lemah.

Dalam kenyataannya, reaksi fusi di atas tidak mengikuti hukum kekekalan massa sebagaimana reaksi kimia, melainkan mengalami pengurangan massa. Selain itu, dalam proses fusi nuklir juga terdapat proses anihilasi positron yang bereaksi dengan elektron dan menjadi energi. Hilangnya massa itulah yang Allah jadikan energi, yang menurut Einstein perhitungannya mengikuti persamaan:

$$E = mc^2$$

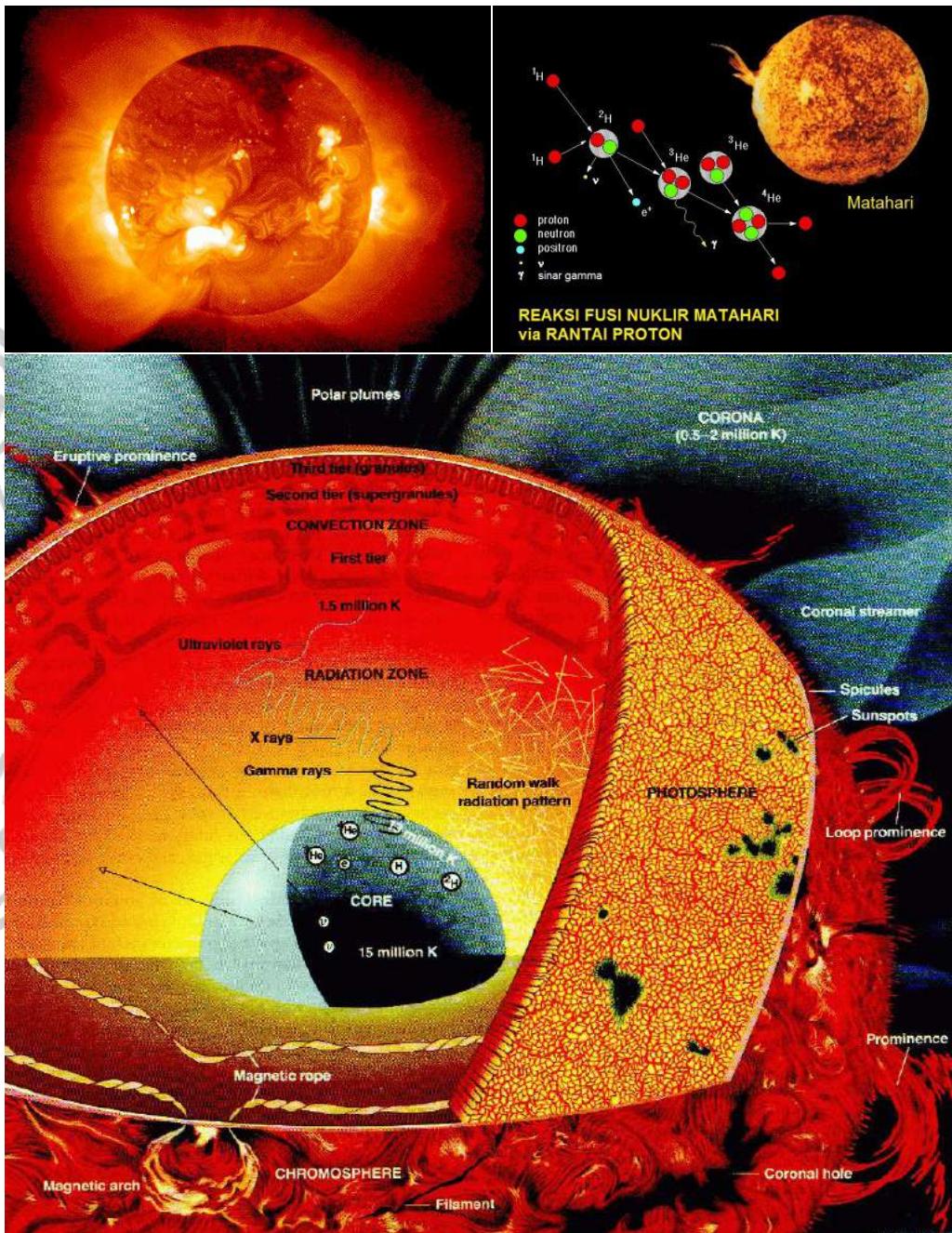
Di mana:

E = energi terbentuk (erg)
m = massa yang hilang (g)
c = kecepatan cahaya (cm/detik)

Dapat dimengerti bahwa tiap 1 gram massa yang hilang akan berubah menjadi energi yang amat besar karena perkalian dengan kecepatan cahaya 3×10^8 km/detik atau 3×10^{10} cm/detik atau $E = 1 \times (3 \times 10^{10})^2 = 9 \times 10^{20}$ erg. Besarnya energi tersebut sungguh tidak terbayangkan oleh akal manusia. Energi hasil fusi ini kemudian dipancarkan keluar sebagai energi radiasi dalam bentuk paket-paket energi cahaya. Dugaan ini diperkuat oleh data bahwa secara kimiawi, sekitar tiga perempat massa Matahari terdiri atas hidrogen, sedangkan sisanya didominasi oleh helium. Sisa massa tersebut (1,69%, setara dengan 5.629 kali massa Bumi) terdiri atas elemen-elemen berat seperti oksigen, karbon, neon, besi, dan lain-lain.

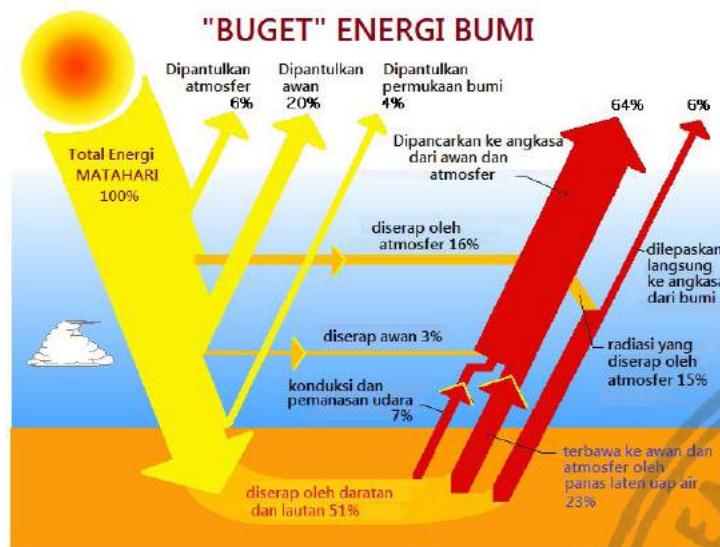
Menurut Harun Yahya, dalam tiap detik sebanyak 598 juta ton hidrogen berubah menjadi 594 juta ton helium. Dengan kata lain, dalam tiap detik 4 juta ton massa berubah menjadi energi yang setara dengan ledakan 7 triliun bom nuklir Hiroshima. Dapat dibayangkan betapa dahsyatnya hal tersebut, mengingat 1 bom atom saja telah meluluhlantakkan kota Hiroshima, dan 1 lagi menghancurleburkan Nagasaki pada perang Dunia II, tahun 1945. Karena itu, adalah tidak mungkin untuk melakukan eksperimen tentang pembangkitan energi di pusat bintang maupun di pusat Matahari karena skalanya yang sangat besar dan temponya yang sangat lama.

Energi yang besar tersebut menyebabkan suhu di pusat Matahari mencapai jutaan derajat Celsius, sedang di permukaannya mencapai 6.000 °C. Foton cahaya yang terbentuk di pusat Matahari memerlukan waktu hingga sekitar 50 ribu tahun untuk mencapai permukaan Matahari.

Dari hasil studi dan pengamatan para ilmuwan struktur Matahari terdiri dari inti, bagian terluar (fotosfer, kawasan setebal 330 km) di atas kawasan konveksi, kromosfer (kawasan setebal 2.000 km di atas kawasan fotosfer Matahari), dan korona (kawasan di atas kawasan kromosfer). Bagian terdalamnya disebut inti (*core*), tempat terjadinya reaksi termonuklir, tempat hidrogen dibentuk menjadi sebuah inti atom helium (^{4}He), yang menghasilkan energi panas dengan suhu amat tinggi, kira-kira 14.500.000 °K.

Di luar inti, 0,25–0,71 radius terdapat zona radiatif (*radiative zone*) dengan suhu yang lebih rendah, yakni sekitar 2.230.000 °K. Zona radiatif diselimuti oleh zona konvektif (*convective zone*) yang diselimuti lagi oleh zona terluar, yaitu zona turbulensi (*turbulent zone*). Bagian terluar Matahari (fotosfer) bersuhu kurang lebih 6.000 °K (ukuran derajat Kelvin setara dengan derajat Celsius + 273, atau untuk ukuran suhu yang amat tinggi di atas dapat dikatakan °K sama dengan °C). Pada permukaan fotosfer tampak tempat-tempat menghitam yang disebut noda Matahari (*sun spot*). Bintik hitam tersebut akibat tertahannya aliran gelembung konveksi oleh medan magnet Matahari. Bintik hitam tersebut bisa mencapai 500 derajat lebih dingin daripada lokasi sekitarnya. Aliran energi dan materi dari lapisan konveksi disalurkan ke daerah sekitarnya melalui medan magnet bintik Matahari melalui ledakan atau *flare*. Banyaknya noda hitam tersebut merupakan indikator keaktifan Matahari. Munculnya noda-noda hitam tersebut dapat mengakibatkan gangguan-gangguan pada listrik di atmosfer Bumi, yang mengakibatkan gangguan-gangguan pada siaran radio dan jarum magnet. Di antara noda-noda itu terkadang ada yang disebut *flare* atau bagian Matahari yang tampak sangat terang.

Dengan suhu tinggi tersebut dan ukuran Matahari yang amat besar (325.599 x lebih besar daripada Bumi), Matahari dapat mencukupi 99% energi kebutuhan Bumi. Dapat dimengerti bahwa Matahari sebagai bola api raksasa bersuhu tinggi akan memancarkan panas dan cahaya yang menghangatkan dan menerangi alam raya, termasuk Bumi. Selain memancarkan cahaya tampak, Matahari juga memancarkan sinar tak tampak seperti sinar γ, sinar X, dan sinar UV.

2. Radiasi Sinar Matahari sampai ke Bumi

Radiasi energi cahaya yang dilepaskan oleh Matahari menyebar ke seluruh alam, menerpa planet-planet, asteroid, komet, dan benda-benda la-

Gambar 3.1
Foto Matahari: strukturnya dan reaksi fusi (termonuklir).
(Sumber : NASA; mariahammerstrom.wordpress.com; www.slideshare.net)

ngit lain dalam sistem tata surya. Cahaya Matahari yang sampai ke permukaan planet-planet atau benda-benda langit tersebut selain menerangi permukaan mereka, juga mendatangkan kehangatan tersendiri, khususnya bagi Bumi. Sebagian cahaya yang datang juga dipantulkan kembali ke angkasa.

Gambar 3.2
"Bujet" energi Bumi.
(Sumber: http://www.psi.edu/epo/faq/science.html)

Gambar di atas merupakan ilustrasi "bujet" energi Matahari yang sampai ke Bumi dan terdistribusi. Terlihat bahwa 30% dari cahaya kiriman Matahari dipantulkan kembali ke angkasa dan sisanya (70%) diserap oleh lautan, daratan, atmosfer, dan awan. Idealnya, ketika daratan dan lautan menjadi hangat, mereka akan memancarkan kembali semua panas "berlebih" kembali ke ruang angkasa sehingga suhu Bumi tetap stabil. Dalam hal ini, Bumi tetap nyaman karena efek rumah kaca tidak terjadi. Jika tidak maka Bumi akan mengalami kondisi seperti yang terjadi pada planet Venus.

Pancaran sinar Matahari ini dilepas dengan tenaga yang besar dan kecepatan yang tinggi, yakni 300.000 km/detik atau (2.997 924 58 x 10^8 m s^{-1}). Selain itu, radiasi gelombang elektromagnetik ini tersusun atas sinar-sinar yang di antaranya berdaya tembus tinggi dan bersifat merusak, yang bisa mengganggu kehidupan makhluk di Bumi.

Studi dan penelitian para ilmuwan menemukan ada beberapa fenomena alam yang telah membuat planet Bumi ini selamat dari terpaan badai radiasi energi Matahari dan/atau bombardemen benda-benda langit yang membahayakan. Beberapa di antaranya dijelaskan dalam uraian berikut.

Pertama, salah satu faktor penting yang memungkinkan kehidupan di Bumi dapat berkembang adalah jaraknya yang ideal terhadap Matahari. Prof. David L. Block dari Wits University,

Johannesburg, menyatakan bahwa seandainya Bumi terletak 5% saja lebih dekat ke Matahari maka efek rumah kaca akan terjadi secara tidak terkendali. Bumi menjadi terlalu panas, dan peristiwa itu sudah hampir terjadi sekitar 4.000 juta tahun yang lalu. Sebaliknya, jika Bumi diletakkan lebih jauh 1% dari Matahari maka akan terjadi proses es yang tidak terkendali, dan itu sudah hampir terjadi 2.000 juta tahun yang lalu. Selain jarak yang aman, perputaran Bumi pada sumbunya terjadi satu kali dalam 24 jam, atau satu hari, merupakan kecepatan yang tepat untuk membuat suhu Bumi nyaman. Bandingkan dengan planet Venus yang berotasi satu kali selama 243 hari.

Satuan AU (*Astronomical Unit*)

Jarak rata-rata dari Bumi ke Matahari yang dipakai menjadi satuan Unit Astronomi (AU). Pada tahun 2012, IAU GA ke-28 (*The XXVIII General Assembly [GA] of the International Astronomical Union [IAU]*) di Beijing, Cina, menyampaikan Resolusi B2 "*on the redefenition of the astronomical unit length Proposed by IAU Division I Working Group Numerical Standards and supported by IAU Division I*". Resolusi IAU tersebut secara resmi mendeklarasikan redefenisi dan pembakuan unit jarak astronomi yang dikenal dengan astronomical unit (au), 1 au (au = *astronomical unit* = satuan astronomi) adalah 1.495 978 707 00 x 10^{11} m atau 149.597.870.700 m (eksak), unit waktu 1 hari adalah 24 x 3600 detik (*second*) = 86.400 detik, dan massa Matahari = 1,9891 x 10^{30} kg. Unit panjang: meter, unit waktu: detik, dan unit massa: kg mengikuti unit dalam SI (*SI is the International System of Units*). Kecepatan cahaya dalam vakum 2.997.924,58 x 10^{8} m s^{-1}.

Kedua, sebagaimana diketahui, planet Bumi memiliki semacam tameng pelindung berupa lapisan udara yang disebut dengan atmosfer. Seandainya Bumi tidak memiliki atmosfer, proses kehidupan akan terganggu. Tanpa oksigen di atmosfer, mustahil makhluk hidup bisa bertahan hidup. Tanpa proses penyaringan radiasi surya di atmosfer, daratan di Bumi mungkin akan tenggelam karena seluruh es di kutub Bumi akan mencair. Tanpa proses penyanggaan oleh atmosfer, suhu Bumi bisa mencapai 93 °C pada siang hari dan -184 °C pada malam hari.

Menariknya, atmosfer hanya membiarkan dirinya ditembus oleh sinar-sinar berguna dan tak berbahaya, seperti cahaya tampak, sinar ultraviolet tepi, dan gelombang radio. Semua radiasi ini sangat diperlukan bagi kehidupan. Sinar ultraviolet tepi, yang hanya sebagiannya menembus atmosfer, sangat penting bagi proses fotosintesis tanaman dan kelangsungan seluruh makhluk hidup. Sebagian besar sinar ultraviolet kuat yang dipancarkan oleh Matahari ditahan oleh lapisan ozon atmosfer, dan hanya sebagian kecil serta penting saja dari spektrum

ultraviolet yang mencapai Bumi. Lapisan ozon atmosfer yang berada pada ketinggian 25 km berfungsi mengembalikan radiasi sinar-sinar kosmis dan radiasi sinar UV kuat ke ruang angkasa.

Atap Pelindung Bumi

Radiasi cahaya berenergi besar dan bersifat merusak tidak menimbulkan kehancuran di Bumi sehingga penghuninya terlindungi. Yang demikian itu karena Bumi berada pada jarak ideal yang aman, dan dikelilingi pula oleh langit berlapis yang berfungsi sebagai atap pelindung.

Ketiga, perlindungan Bumi oleh medan magnet Van Allen terhadap kedatangan "lapisan udara Matahari" terdiri atas partikel-partikel bermuatan, proton, dan elektron dalam bentuk angin badai Matahari. Medan magnet kuat ini membelokkan arus listrik dan berkumpul di kedua kutub Bumi, utara

Sabuk Van Allen

Sabuk Van Allen adalah suatu lapisan yang tercipta akibat keberadaan medan magnet Bumi, yang berperan sebagai perisai melawan radiasi berbahaya yang mengancam planet Bumi.

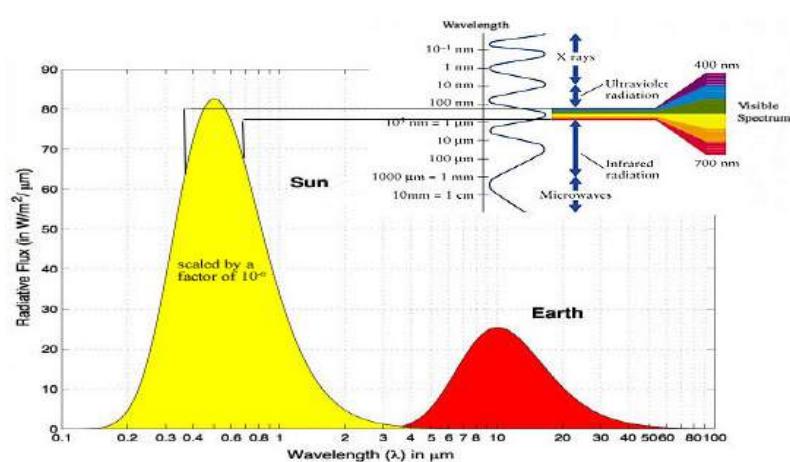
Bumi memiliki kerapatan terbesar di antara planet-planet lain di tata surya kita. Inti Bumi yang terdiri atas unsur nikel dan besi inilah yang menyebabkan medan magnetnya besar. Medan magnet ini membentuk lapisan pelindung berupa radiasi Van Allen, yang melindungi Bumi dari pancaran radiasi dari luar angkasa. Jika lapisan pelindung ini tidak ada maka kehidupan mustahil dapat berlangsung di Bumi. Lapisan pelindung Van Allen ini merupakan rancangan istimewa yang hanya ada di Bumi ("Big Bang Refined by Fire" by Dr. Hugh Ross, 1998. *Reasons To Believe*, Pasadena, CA.)

dan selatan. Benturan antara muatan-muatan listrik ini dengan partikel-partikel atom oksigen dan nitrogen Bumi menimbulkan cahaya merah, hijau, dan biru. Peristiwa "tabrakan" ini terjadi pada ketinggian di atas permukaan Bumi, di lapisan udara yang tinggi dan hanya bisa dilihat dari tempat yang tinggi. Peristiwa ini dikenal juga dengan sebutan fajar kutub atau Aurora (lihat penjelasan lebih lanjut tentang Aurora dalam Bab II).

Sesungguhnya Allah telah mengingatkan dan mengarahkan manusia agar memperhatikan sifat- sifat langit yang sangat menarik dan istimewa, beberapa abad yang lalu. Demikianlah, Allah menurunkan Al-Qur'an sebagai petunjuk bagi manusia. Tentang langit Allah berfirman,

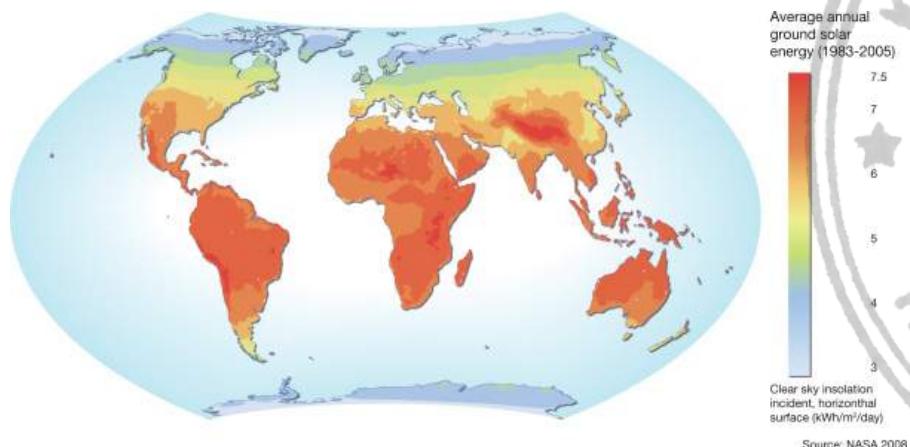
وَجَعَلْنَا السَّمَاۤءَ سَقْفًا مَّحْفُوْظًاۚ وَهُمْ عَنْ اٰيٰتِهَا مُعْرِضُوْنَ ٣٢

Dan Kami menjadikan langit sebagai atap yang terpelihara, namun mereka tetap berpaling dari tanda-tanda (kebesaran Allah) itu (Matahari, Bulan, angin, awan, dan lain-lain). (al-Anbiyā'/21: 32)

لَهٗ مُعَقِّبٰتٌ مِّنْۢ بَيْنِ يَدَيْهِ وَمِنْ خَلْفِهٖ يَحْفَظُوْنَهٗ مِنْ اَمْرِ اللّٰهِ ۗاِنَّ اللّٰهَ لَا يُغَيِّرُ مَا بِقَوْمٍ حَتّٰى يُغَيِّرُوْا مَا بِاَنْفُسِهِمْۗ وَاِذَآ اَرَادَ اللّٰهُ بِقَوْمٍ سُوْۤءًا فَلَا مَرَدَّ لَهٗ ۚوَمَا لَهُمْ مِّنْ دُوْنِهٖ مِنْ وَّالٍ ﴿١١﴾

Baginya (manusia) ada malaikat-malaikat yang selalu menjaganya bergiliran, dari depan dan belakangnya. Mereka menjaganya atas perintah Allah. Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum sebelum mereka mengubah keadaan diri mereka sendiri. Dan apabila Allah menghendaki keburukan terhadap suatu kaum, maka tak ada yang dapat menolaknya dan tidak ada pelindung bagi mereka selain Dia. (ar-Ra‘d/13: 11)

Melalui dua ayat di atas Allah menegaskan bahwa mekanisme perlindungan bagi kehidupan berlangsung sesuai dengan kehendak dan perintah-Nya. Uraian di atas semakin menambah keyakinan kita bahwa sebuah sistem perlindungan Bumi yang sempurna sedang bekerja jauh tinggi di atas Bumi. Ia menyelimuti Bumi dan melindunginya dari berbagai ancaman bahaya dari luar angkasa. Karenanya, hanya radiasi yang aman dan bermanfaat yang sampai ke Bumi (Gambar 3.3)

Diagram di atas memperlihatkan bintang terdekat dari Bumi, yaitu Matahari, sebagai sumber cahaya/sinar yang memancarkan radiasi elektromagnetik, yang terdiri atas berlapis-lapis sinar, cahaya maupun gelombang. Radiasi tersebut mencapai Bumi. Demikian pula bintang-bintang lain di antariksa, mereka adalah sumber cahaya.

Radiasi Matahari yang sampai ke Bumi memiliki panjang gelombang antara 0,3 hingga 1,5 mikron (300–1500 nm), meliputi sebagian ultraviolet, cahaya tampak, dan sebagian inframerah. Meski rentang itu sangat sempit, cahaya-cahaya tersebut amat penting

Gambar 3.3
Radiasi yang sampai ke Bumi. (Sumber: www.fas.harvard.edu)

bagi kehidupan di Bumi. Proses asimilasi dalam hijau daun serta fenomena warna yang indah adalah sebagian kecil dari peran radiasi itu.

Gambar 3.4 menunjukkan penerimaan besar rata-rata energi radiasi cahaya dalam kWh/m²/hari di berbagai belahan Bumi, untuk kondisi langit cerah dan radiasi tepat horizontal di atas permukaan Bumi. Dari gambar tersebut jelas bahwa besarnya radiasi cahaya Matahari yang diterima oleh permukaan Bumi sangat bervariasi untuk masing-masing lokasi, bergantung pada musim, posisi (sudut) Matahari, dan orientasi Bumi. Bagi area lokasi yang terletak di garis katulistiwa, seperti Indonesia, penerimaan radiasi cahaya Mataharinya relatif konstan per tahun dikarenakan hanya terdapat dua musim di sini, dibandingkan negara-negara dengan empat musim di mana pada musim tertentu energi radiasi yang diterima akan berkurang.

Gambar 3.4
Peta energi radiasi Matahari yang diterima di berbagai belahan Bumi.
(Sumber: teknologisurya.wordpress.com)

Maṣābīḥ
Kata *maṣābīḥ* (al-Mulk/67: 5 dan Fuṣṣilat/41: 12) ditafsirkan sebagai bintang-bintang cemerlang, kemungkinan meteor. *Maṣābīḥ* di langit dekat (*samā'*) menjadi pengusir setan (al-Mulk/67: 5). Ungkapan "bintang/meteor" sebagai pengusir setan ditemukan juga pada Surah al-Ḥijr/15: 18 (*syihāb* = semburan api yang terang), aṣ-Ṣāffāt/37: 10 (*syihāb śāqib* = suluh api yang cemerlang), al-Jinn/72: 8 (syuhubā = panah-panah api).

Dengan demikian, kata tersebut mengandung dua pengertian. *Pertama*, *maṣābīḥ* mungkin saja peristiwa atau fenomena astronomi yang berkaitan dengan benda langit, yakni meteor. Batuan ruang angkasa meteoroid bergesekan dengan angkasa Bumi ketika memasuki Bumi, dan kebanyakannya terbakar habis di angkasa (langit dekat mencakup pengertian ruang angkasa Bumi, ruang tata surya, dan ruang tempat kelompok bintang-

bintang di sekitar Matahari yang beredar mengelilingi pusat galaksi). Kedua, fenomena meteor ini dalam Al-Qur'an mengandung peristiwa gaib karena menyangkut setan. Ia dikaitkan dengan peristiwa pengusiran setan yang mencuri-curi berita yang dapat didengar dari malaikat (al-Ḥijr/15: 18). Mereka dikejar oleh *syihāb śāqib* (aṣ-Ṣāffāt/37: 10). Demikianlah penjagaan yang kuat dengan panah-panah api (*syuhub*) melawan mereka yang mencoba mengetahui rahasia langit. Pemahaman sains tidak sampai pada ranah ini, melainkan terbatas pada fenomena langit berupa hujan meteor atau meteor sporadis dan sebagainya.

C. SUMBER CAHAYA BUATAN

Cahaya atau sinar sudah menjadi kebutuhan manusia sejak lahir. Sudah menjadi naluri manusia untuk mencari kondisi dan suasana yang terang. Salah satu upaya manusia sejak dulu adalah berusaha mendapatkan penerangan guna mengatasi kegelapan malam. Api menjadi hasil nyata pertama manusia dalam upaya menciptakan sumber cahaya buatan. Allah telah menyinggung perihal api sebagai cahaya buatan dalam firman-Nya,

الَّذِيْ جَعَلَ لَكُمْ مِّنَ الشَّجَرِ الْاَخْضَرِ نَارًاۙ فَاِذَآ اَنْتُمْ مِّنْهُ تُوْقِدُوْنَ ﴿٨٠﴾

Yaitu (Allah) yang menjadikan api untukmu dari kayu yang hijau, maka seketika itu kamu nyalakan (api) dari kayu itu. (Yāsīn/36: 80)

Lilin pertama dibuat oleh orang Mesir Kuno memanfaatkan batu berlubang yang diisi lemak, dengan serat tanaman sebagai sumbunya. Mulai Abad Pertengahan, teknik pembuatan lilin berkembang, mula-mula ia dibuat dari lemak hewan dan selanjutnya dari parafin.

Orang kuno di koloni Amerika menggunakan minyak ikan dan minyak ikan hiu untuk menyalakan lampu. Masyarakat Yunani dan Romawi Kuno membuat lampu dari perunggu atau keramik/tanah liat dengan minyak zaitun atau minyak tumbuhan sebagai bahan bakarnya. Teknik pembuatan lampu berkembang sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan manusia. Upaya pengembangan yang terus dilakukan antara lain untuk mendapatkan lampu api atau cahaya penerangan yang efisien dengan intensitas cahaya yang tinggi.

Adapun minyak Bumi telah digunakan sejak zaman kuno. Di Cina, penggalian sumur minyak sudah dilakukan sejak tahun 347 M. Teknologi proses distilasi minyak tanah atau kerosen dari minyak mentah ditemukan pada 1850-an. Hal ini memberi alternatif yang lebih murah dalam pemanfaatan minyak Bumi, dalam hal ini kerosen, sebagai bahan bakar utama.

Sebetulnya, pada tahun yang hampir bersamaan ditemukan juga lampu gas yang populer dipakai ketika itu sebagai lampu jalan. Dari catatan sejarah, baru pada abad ke-19 lampu listrik ditemukan dan terus dikembangkan hingga kini, mulai dari lampu pijar, lampu lucutan gas, lampu neon, dan lampu LED, sebagai sumber-sumber cahaya buatan.

1. Lampu penerangan

Pada awalnya manusia "menemukan" api sebagai sumber energi panas, yang sekaligus digunakan sebagai sumber cahaya. Kuat dugaan mereka terinspirasi oleh fenomena api alam yang timbul di sekitar mereka, seperti terbakarnya pohon akibat sambaran petir atau terbakarnya hutan atau padang rumput akibat musim kering berkepanjangan. Kehangatan dan suasana terang adalah bagian dari rasa nyaman yang manusia butuhkan dalam hidupnya. Api menjadi alternatif utama untuk menggantikan fungsi Matahari di kala manusia membutuhkan kehangatan dan penerangan. Api dengan demikian bagaikan miniatur Matahari.

Upaya untuk mendapatkan "lampu api" dari waktu ke waktu terus berkembang sesuai tingkat perkembangan pengetahuan manusia kala itu. Hingga abad ke-19, lampu api masih terus berkembang dan menjadi salah satu sumber cahaya utama selain Matahari. Dalam firman Allah berikut, Allah menyinggung perihal api dan mengaitkannya dengan cara mendapatkannya.

أَفَرَءَيْتُمُ النَّارَ الَّتِيْ تُوْرُوْنَ ﴿٧١﴾ ءَاَنْتُمْ اَنْشَأْتُمْ شَجَرَتَهَآ اَمْ نَحْنُ الْمُنْشِـُٔوْنَ ﴿٧٢﴾ نَحْنُ جَعَلْنٰهَا تَذْكِرَةً وَّمَتَاعًا لِّلْمُقْوِيْنَ ﴿٧٣﴾

Maka pernahkah kamu memperhatikan tentang api yang kamu nyalakan (dengan kayu)? Kamukah yang menumbuhkan kayu itu ataukah Kami yang menumbuhkan? Kami menjadikannya (api itu) untuk peringatan dan bahan yang berguna bagi musafir. (al-Wāqi'ah/56: 71–73)

Ayat ini membuka jalan pengetahuan bagi manusia, bahwa dari sepotong kayu yang hijau, sesuai hukum yang ditetapkan-Nya, akan dapat diperoleh nyala api. Ayat ini lebih jauh lagi mendorong manusia untuk memperhatikan dan mempelajari proses yang memungkinkan api dapat menyala dari kayu, bagaimana kayu itu dapat tumbuh, siapa yang menumbuhkan, dan seterusnya. Ayat di atas tidak sekadar memuat perintah atau informasi penting, melainkan juga menjadi dasar pemikiran sains yang dibutuhkan oleh manusia dalam kehidupannya, lengkap dengan pelajaran akidah yang diungkapkan dengan firman-Nya, "Kamukah yang menumbuhkan kayu itu ataukah Kami yang menumbuhkan?" Yang demikian ini ber-

tujuan agar manusia mengenal diri mereka dan Tuhan pencipta mereka.

Dalam firman berikut Allah juga menjelaskan bahwa api dapat berfungsi sebagai cahaya penerang.

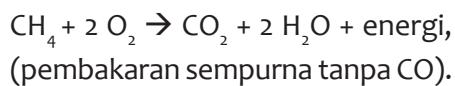
مَثَلُهُمْ كَمَثَلِ الَّذِى اسْتَوْقَدَ نَارًاۚ فَلَمَّآ اَضَاۤءَتْ مَا حَوْلَهٗ ذَهَبَ اللّٰهُ بِنُوْرِهِمْ وَتَرَكَهُمْ فِيْ ظُلُمٰتٍ لَّا يُبْصِرُوْنَ ﴿١٧﴾

Perumpamaan mereka seperti orang-orang yang menyalakan api, setelah menerangi sekelilingnya, Allah melenyapkan cahaya (yang menyinari) mereka dan membiarkan mereka dalam kegelapan, tidak dapat melihat. (al-Baqarah/2: 17)

Sementara itu, pada ayat berikut Allah menyebut bahwa kilatan cahaya petir dapat pula menjadi sinar penerang dalam kegelapan malam. Allah berfirman,

يَكَادُ الْبَرْقُ يَخْطَفُ اَبْصَارَهُمْۗ كُلَّمَآ اَضَاۤءَ لَهُمْ مَّشَوْا فِيْهِۙ وَاِذَآ اَظْلَمَ عَلَيْهِمْ قَامُوْاۗ وَلَوْ شَاۤءَ اللّٰهُ لَذَهَبَ بِسَمْعِهِمْ وَاَبْصَارِهِمْۗ اِنَّ اللّٰهَ عَلٰى كُلِّ شَيْءٍ قَدِيْرٌ ﴿٢٠﴾

Hampir saja kilat itu menyambar penglihatan mereka. Setiap kali (kilat itu) menyinari, mereka berjalan di bawah (sinar) itu, dan apabila gelap menerpa mereka, mereka berhenti. Sekiranya Allah menghendaki, niscaya Dia hilang-kan pendengaran dan penglihatan mereka. Sungguh, Allah Mahakuasa atas segala sesuatu. (al-Baqarah/2: 20)

Belajar dari kejadian alam di sekitar mendorong manusia untuk membuat nyala api dari kayu kering. Mereka tidak hanya membuatnya untuk menghangatkan badan atau menjauhkan ancaman binatang buas, tetapi juga untuk menjadi cahaya buatan di malam hari. Dengan cahaya buatan ini manusia merasa nyaman di kegelapan malam.

a) Lampu Api

Dalam bahasa sains nyala api dapat dijelaskan sebagai suatu reaksi kimia, yaitu reaksi oksidasi yang berlangsung cepat, bersifat eksotermis antara suatu bahan bakar dan suatu oksidan, diikuti dengan produksi panas. Reaksi ini terkadang disertai cahaya dalam bentuk pendar atau api serta dapat menghasilkan nyala, asap, dan bara. Peristiwa oksidasi dalam bentuk nyala api atau proses pembakaran akan terus berlangsung selama persediaan bahan bakar dan oksigen tersedia. Memang ada proses oksidasi yang berjalan lambat, seperti proses berkarat pada besi atau pencernaan makanan dalam lambung, namun itu tidak termasuk dalam definisi di atas.

Sifat-sifat api yang terang bercahaya dan disertai rasa hangat dimanfaatkan oleh manusia antara lain sebagai penerangan di malam hari. Sampai saat ini, masih banyak masyarakat

terutama yang tinggal di daerah terisolasi yang menjadikan api sebagai sumber penerangan utama dalam kehidupan mereka.

Dalam pandangan sains fenomena pembakaran eksotermis digambarkan sebagai proses reaksi kimia yang di dalamnya terjadi pelepasan energi sistem yang berbentuk panas dan terkadang cahaya. Pada proses ini bahan bakar seperti kayu, batubara, minyak bumi, atau sejenisnya yang pada umumnya merupakan senyawa organik hidrokarbon, terdiri dari atom hidrogen H dan karbon C, bereaksi dengan atom oksigen O_2. Secara sederhana reaksi pembakaran hidrokarbon, misalnya metana, dapat dinyatakan sebagai berikut.

$CH_4 + 2\,O_2 \rightarrow CO_2 + 2\,H_2O$ + energi, (pembakaran sempurna tanpa CO).

atau (bahan bakar + oksigen $\rightarrow$ karbondioksida + air + panas)

Peristiwa pembakaran seperti ini dikenal dalam ilmu kimia sebagai bagian dari reaksi reduksi-oksidasi atau "redoks" yang melibatkan radikal bebas, yakni adanya peristiwa pelepasan elektron oleh molekul, atom, atau ion. Bila demikian, fenomena proses pembakaran yang mampu menghasilkan energi panas dan cahaya pun tak luput dari peran elektron, partikel subatom yang bermuatan negatif. Dalam banyak fenomena fisika seperti listrik, magnetik, atau elektromagnetik, dan konduktivitas panas, partikel elementer ini memainkan peran penting. Allah telah menyebut partikel ini di beberapa ayat, di antaranya firman Allah,

وَمَا تَكُوْنُ فِيْ شَأْنٍ وَّمَا تَتْلُوْا مِنْهُ مِنْ قُرْاٰنٍ وَّلَا تَعْمَلُوْنَ مِنْ عَمَلٍ اِلَّا كُنَّا عَلَيْكُمْ شُهُوْدًا اِذْ تُفِيْضُوْنَ فِيْهِۗ وَمَا يَعْزُبُ عَنْ رَّبِّكَ مِنْ مِّثْقَالِ ذَرَّةٍ فِى الْاَرْضِ وَلَا فِى السَّمَاۤءِ وَلَآ اَصْغَرَ مِنْ ذٰلِكَ وَلَآ اَكْبَرَ اِلَّا فِيْ كِتٰبٍ مُّبِيْنٍ ٦١

Dan tidakkah engkau (Muhammad) berada dalam suatu urusan, dan tidak membaca suatu ayat Al-Qur'an serta tidak pula kamu melakukan suatu pekerjaan, melainkan Kami menjadi saksi atasmu ketika kamu melakukannya. Tidak lengah sedikit pun dari pengetahuan Tuhanmu biarpun sebesar zarrah, baik di Bumi ataupun di langit. Tidak ada sesuatu yang lebih kecil dan yang lebih besar daripada itu, melainkan semua tercatat dalam Kitab yang nyata (Lauḥ Maḥfūẓ). (Yūnus/10: 61)

Penggunaan frasa "yang lebih kecil dan yang lebih besar daripada itu" sejalan dengan bahasa ilmu pengetahuan, atau dalam istilah sains, untuk menyatakan sesuatu yang berhubungan dengan sub-atom atau yang lebih kecil daripada partikel atom (zarah), seperti ion, proton, elektron, netron, dan seterusnya. Bagian atom seperti elektron dan sejenisnya merupakan

materi bahasan yang akan banyak kita bahas dalam bagian lain dari bab ini.

Ayat di atas juga menyinggung sesuatu yang berhubungan dengan segala macam komposisi yang lebih besar daripada atom, atau dalam bahasa sains sebutan untuk molekul, senyawa molekul, atau yang lebih besar darinya. Sayyid Quṭb dalam *Fī Ẓilāl al-Qur'ān* menyatakan bahwa tiap khayalan atau pemikiran akan alam semesta yang serba atom, yang selalu disertai dengan ilmu-Nya, semuanya akan selalu berada dalam naungan ilmu Allah. Artinya, setiap fenomena atau kejadian di alam semesta ini, sekecil apa pun itu, semuanya tidak lepas dari perhatian, kuasa, dan ilmu Allah. Pantas saja Allah berfirman dalam Al-Qur'an,

نَحْنُ جَعَلْنٰهَا تَذْكِرَةً وَّمَتَاعًا لِّلْمُقْوِيْنَ ۚ ﴿٧٣﴾

Kami menjadikannya (api itu) untuk peringatan dan bahan yang berguna bagi musafir. (al-Wāqi'ah/56: 73)

Berdasarkan temuan pada situs kuno di Cina muncul dugaan Manusia Peking sudah mengenal nyala api sejak 400 ribu tahun yang lalu. Ditemukan juga tanda-tanda adanya pelita primitif dalam gua-gua Lascaux, daerah Dordogne, Perancis, yang menurut para ahli umurnya mencapai 15.000 tahun. Pelita itu terbuat dari batu yang dilubangi dan ada juga yang terbuat dari kerang atau tanduk binatang yang diberi sumbu dari serabut tumbuhan dan diisi lemak binatang. Sebagaimana kebudayaan Sumeria di Irak ditemukan juga relik lampu api dari batu alabaster (sejenis marmer) buatan tahun 2600 SM yang diukir menjadi bentuk kerang. Sepertinya hal ini menjelaskan bahwa kerang memang digunakan sebagai pelita ketika itu. Lampu api buatan tangan manusia yang berbahan bakar minyak nabati muncul jauh belakangan, antara lain yang berbahan bakar minyak zaitun dan lemak binatang,

Gambar 3.5
Api, lilin, dan lampu minyak, penerangan tertua. (Sumber: id.wikipedia.org; http://hamdani86.wordpress.com; bendakuno.blogspot.com)

yang ditemukan di Palestina dan diperkirakan berasal dari masa sekitar 2.000 tahun SM.

Menelusuri alur sejarahnya, kata lampu diambil dari kata "lampas" yang dalam bahasa Yunani berarti obor, nyala api yang berfungsi sebagai penerang atau penuntun. Konon, lampu api tertua hasil karya manusia yang pernah ditemukan berumur sekitar 70.000 SM. Ketika itu lampu dinyalakan dengan bahan bakar lumut yang dibasahi dengan minyak dari lemak binatang. Jauh setelah itu teknik pembuatan lampu api berkembang dengan penambahan sumbu agar nyala api dapat diatur sedemikian rupa.

Pada sekitar abad ke-7 SM masyarakat Yunani Kuno telah mengembangkan teknologi lampu api yang terbuat dari terakota atau tembikar untuk menggantikan obor. Namun, baru pada abad ke-18 teknologi lampu cempor berhasil dikembangkan lengkap dengan corong kaca kecil yang dapat mengatur dan menjaga nyala api lebih stabil.

Sampai akhir abad ke-18 bahan bakar lampu api masih berupa minyak zaitun, lilin tawon/lebah, minyak paus, minyak wijen, dan beberapa jenis minyak lainnya. Adapun bahan bakar kerosen atau minyak tanah baru dikenal belakangan, sekitar tahun 1859, setelah manusia mampu menyuling (*refinery*) minyak bumi hasil pengeboran. Sejarah menunjukan teknologi lampu api berupa cempor ini masih bertahan dan digunakan sampai saat ini, terutama di daerah pelosok yang jauh dari jangkauan jaringan listrik.

Lilin sudah mulai dikenal dan digunakan sebagai penerangan buatan sejak abad 4 M. Pada awalnya lilin dibuat dari bahan hasil lebah madu atau dari sejenis minyak kental. Dengan berbagai pertimbangan, sejak 1979 kekuatan sinar lilin diadopsi dan ditetapkan sebagai patokan dasar standar internasional dalam pengukuran kekuatan cahaya (satuannya disebut candela) dari suatu lampu. Satu Candela (Cd) didefinisikan sebagai satuan intensitas cahaya dari suatu sumber cahaya yang memancarkan radiasi monokromatik (satu warna) pada frekuensi 540 X 1012 Hertz dengan intensitas radiasi sebesar 1/683 watt per steradian dalam arah tersebut (*Conférence Générale des Poids et Mesures* ke-16, 1979).

b) Lampu Listrik

Begitu ditemukan, listrik menjadi sumber energi utama bagi kehidupan manusia. Berkat usaha Michael Faraday pada abad 19, listrik menjadi komoditas teknologi yang banyak gunanya. Listrik memungkinkan segala kebutuhan manusia yang melibatkan kerja energi

Sejarah Listrik

Adanya sepasang muatan listrik positif dan negatif yang memiliki sifat saling tarik-menarik atau tolak-menolak adalah sunatullah yang sudah ada sejak alam semesta ini diciptakan. Allah telah berfirman tentang ciptaan-Nya,

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ وَاخْتِلَافِ الَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَاٰيٰتٍ لِّاُولِى الْاَلْبَابِۙ ١٩٠

Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal. (Āli 'Imrān/3: 190)

وَمَا خَلَقْنَا السَّمَاۤءَ وَالْاَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا بَاطِلًاۗ ذٰلِكَ ظَنُّ الَّذِيْنَ كَفَرُوْا فَوَيْلٌ لِّلَّذِيْنَ كَفَرُوْا مِنَ النَّارِۗ ٢٧

Dan Kami tidak menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada di antara keduanya dengan sia-sia. Itu anggapan orang-orang kafir, maka celakalah orang-orang yang kafir itu karena mereka akan masuk neraka. (Ṣād/38: 27)

Thales dari Miletus adalah orang Yunani pertama yang mengamati bagaimana batu ambar (semacam batu permata yang berasal dari resin pohon yang memfosil) dapat menarik benda-benda ringan ketika digosokkan pada bulu-bulu hewan atau selembar kain wool. Dari situ ia mengetahui bahwa batu tersebut mempunyai muatan listrik. Sesungguhnya gejala serupa sering kita temui dalam keseharian, misalnya ketika penggaris plastik kita gosokkan ke rambut maka beberapa helai rambut tampak akan berdiri karenanya. Dalam skala besar kita dapat menyaksikan fenomena alam serupa pada peristiwa timbulnya petir akibat loncatan muatan listrik statis di ionosfer. Semua itu merupakan fenomena listrik statis, salah satu catatan terawal manusia mulai mengenal listrik.

Namun demikian, sampai pada 1600-an, sebelum seorang dokter berkebangsaan Inggris bernama William Gilbert meneliti "keajaiban" batu ambar tersebut secara ilmiah, fenomena ini dianggap sebagai "sihir". Gilbert kemudian menamai gejala batu ambar ini *electric* (dalam bahasa Yunani, batu ambar disebut electron) atau listrik. Istilah ini kemudian digunakan sampai sekarang.

Pada 1737, seorang ilmuwan Perancis bernama Charles François de Cisternay du Fay menunjukkan bahwa ada dua jenis gejala kelistrikan statik. Yang pertama dapat menimbulkan efek tarik-menarik dan yang kedua dapat menyebabkan tolak-menolak. Du Fay menyebutnya *resinous* (-) dan *vitreous* (+).

Pada 1752, seorang ilmuwan Amerika bernama Benjamin Franklin membuktikan bahwa fenomena kilat dan batu ambar adalah gejala yang sama dan dia menamakan kedua jenis (muatan) listrik ini sebagai muatan listrik positif (+) dan muatan lisrik negatif (-). Menurut Robert Andres Millikan (1869–1953), pemenang nobel di bidang fisika, besar muatan listrik ini adalah 1.602 x 10^{-19} Coulomb, yang sama dengan muatan partikel atom elektron. Sementara itu, André-Marie Ampère (1775–1836), seorang fisikawan Perancis, adalah orang pertama yang mengamati bahwa listrik searah akan saling tarik-menarik, dan jika berlawanan arah akan saling tolak-menolak. Ampere menjadi salah satu pelopor pengembangan listrik dinamis, yang hasilnya diaplikasikan secara luas dalam kehidupan sehari-hari.

atau tenaga dapat diciptakan, misalnya menggerakkan motor, lampu penerangan, memanaskan, mendinginkan, atau menggerakkan kembali suatu peralatan mekanik guna menghasilkan bentuk energi yang lain.

Sifat energi listrik yang dapat diubah menjadi energi lain menjadi alasan mendasar utama yang memudahkan manusia memanfaatkan listrik secara luas dalam kehidupannya. Aliran atau arus listrik timbul karena sub-atom bermuatan negatif atau elektron bergerak dalam media kabel atau kawat dari kutub positif ke kutub negatif, sedangkan sub-atom bermuatan positif atau proton ada pada inti atom yang diam. Sifat listrik ini kemudian dimanfaatkan untuk berbagai macam tujuan pemakaian, salah satunya diubah menjadi energi cahaya.

Sebagai contoh, jika listrik dialirkan pada bahan tertentu, misalnya dari wolfram dan tungsten, cahaya pijar akan dipancarkan oleh logam itu. Bahan-bahan seperti ini kemudian dipakai dalam pembuatan bola lampu. Dari fenomena ini lahirlah bola lampu pijar pertama yang dimanfaatkan sebagai lampu penerangan. Di samping lampu pijar, ada lagi jenis lampu listrik lucutan gas atau *gas discharged lamp* dan lampu LED (*Light-Emitting Diode*).

1) *Lampu Pijar*

Perkembangan teknologi pembangkit listrik telah mendorong para ilmuwan sejak dahulu untuk berupaya menemukan alternatif alat penerangan selain lampu api berbahan bakar minyak yang memiliki banyak keterbatasan dalam teknis pemakaiannya. Ide listrik sebagai bentuk energi yang sangat mudah ditransfer ke bentuk energi lainnya menjadi dasar pertimbangan utama, sehingga penemuan praktis bola lampu pijar oleh Thomas Alva Edison pada 21 Oktober 1879 di laboratorium Edison-Menlo Park, AS, merupakan mo-

Gambar 3.6
Lampu pijar buatan Thomas Alva Edison. (1847-1931). (Sumber: www.sciencemuseum.org.uk)

men penting dalam sejarah "pencahayaan" dunia. Karenanya, sejak saat itu cahaya untuk penerangan menjadi salah satu prioritas utama aplikasi daya listrik yang harus disediakan untuk kepentingan umum.

Thomas Alva Edison tercatat dalam sejarah sebagai penemu lampu pijar pertama. Dua tahun sebelumnya, yakni pada 1877, ia lebih dahulu menemukan mesin Gramofon. Walaupun, sesungguhnya tidak banyak orang tahu bahwa percobaan untuk menemukan bola lampu tidak hanya dilakukan oleh Edison. Tertulis dalam catatan sejarah "yang lain" bahwa pada 1841 paten pertama untuk bola lampu pijar diberikan di Inggris kepada Frederick de Moleyns. Beberapa tahun kemudian, Joseph Swan (1828–1914), seorang ilmuwan dan penemu berkebangsaan Inggris, bekerja dengan kawat pijar (filamen) karbon dan sebuah bola hampa udara.

Bola lampu atau lampu pijar tersebut, yang sering juga disebut bohlam, merupakan sumber cahaya buatan yang prinsipnya dihasilkan melalui sistem hubungan singkat aliran listrik yang dilakukan antara kutub positif dengan kutub negatifnya, di mana keduanya dihubungkan dengan media kawat filamen. Hubungan singkat ini menyebabkan elektron bebas bergerak dari kutub negatif ke kutub positif dan menabrak elektron-elektron yang ada pada atom filamen, yang kemudian bergetar sedemikian rupa sehingga terjadi pelepasan energi ekstra. Partikel subatom yang melepaskan energi panas ini dikenal sebagai partikel foton sinar inframerah yang memang tidak ter-

Gambar 3.7
Pijaran kawat filamen dan nyala lampu pijar biasa.
(Sumber: www.photographyblog.com dan 15minut.org)

lihat oleh mata. Tetapi, ketika suhu ini terus meningkat dan mencapai 2.200 °C, kawat filamen akan berpijar hingga mengeluarkan cahaya (Gambar 3.7).

Menurut Hukum Wilhelm Wien (*Wien Law's*), fisikawan Jerman pemenang nobel pada 1911, jika suatu benda hitam padat dipanaskan maka ia akan memancarkan radiasi kalor. Pada suhu normal, radiasi elektromagnetiknya berintensitas rendah, tetapi pada suhu yang lebih tinggi akan terjadi radiasi inframerah yang, meski tidak terlihat, tetapi panasnya dapat dirasakan. Seanjutnya, apabila suhu benda terus ditingkatkan, intensitas relatif dari spektrum cahaya yang dipancarkan akan berubah. Fenomena inilah yang kemudian dapat dimanfaatkan dalam penaksiran suhu suatu benda.

Hal ini diperkuat oleh Teori Atom Bohr yang mengatakan, elektron dapat berpindah atau terlepas dari lintasannya, dan perpindahan elektron dari tingkat energi tinggi ke tingkat energi yang lebih rendah akan disertai dengan pemancaran energi. Belakangan, Max Planck, pemenang nobel pada 1918, membuktikan bahwa pancaran energi dari elektron bebas ini memiliki karakteristik yang sama dengan radiasi gelombang elektromagnetik. Dengan demikian, apabila berkas cahaya polikromatis pijaran lampu listrik ini dilewatkan melalui prisma maka akan diperoleh spektrum kontinu yang terdiri atas berbagai warna. Fenomena ini membuktikan bahwa cahaya yang dihasilkan akibat pengaliran arus listrik melalui suatu media tertentu, padat maupun gas, tak lain merupakan pancaran energi sub-atomik pada media yang teraksitasi, dan memiliki karakteristik sama dengan karakteristik gelombang elektromagnetik.

Sistem pembangkitan cahaya buatan dengan cara seperti ini disebut pemijaran atau *incandescence*, dan lampu pijarnya sendiri disebut *incandescent lamp*. Sebagai filamennya digunakan logam tungsten yang memiliki titik leleh paling tinggi, yaitu 3.400 °C dan tetap kuat kendati dipanaskan sampai 2.500 °C atau lebih. Selain itu, tungsten juga memiliki tekanan uap paling rendah di antara semua logam, sehingga ia akan menguap lebih sedikit saat dipanaskan dibanding logam lainnya.

Pada lampu jenis ini, sebagian energi listrik banyak yang "hilang terbuang" menjadi energi panas sebelum menjadi energi cahaya. Walaupun lampu itu tampak sangat terang, sesungguhnya hanya sekitar 10–12% energinya yang dipancarkan dalam bentuk cahaya tampak. Diperkirakan lebih dari 70% sisanya dipancarkan dalam bentuk radiasi inframerah yang tidak tampak. Karena itu, dalam kenyataannya daya yang terserap sangat besar. Sebuah

lampu pijar 5 watt bila sudah menyala bisa menyerap daya sampai 80–100 watt. Inilah yang menyebabkan biaya listrik menjadi mahal.

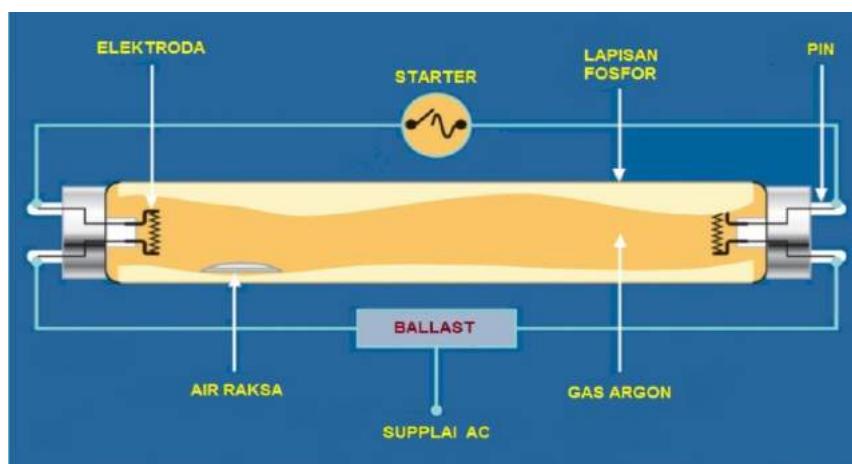
Lampu pijar lainnya adalah jenis lampu halogen yakni dengan melakukan penambahan gas halogen ke dalam bohlam lampu. Dalam bola lampu pijar biasa, gas yang diisikan hanyalah gas lembam, seperti Argon atau Kripton dengan tambahan sedikit Nitrogen, agar kawat filamen tungsten tidak mudah teroksidasi atau 'terbakar habis' seperti jika berada di udara bebas. Tetapi ada juga yang tidak diisi gas melalui penghampaan (*vacuumising*).

Dua unsur kimia gas Iodium atau gas Brom adalah gas-gas yang mampu membuat kawat filamen berumur dua kali lebih panjang. Dalam hal ini gas jenis halogen ini berfungsi untuk menurunkan laju penguapan tungsten.

Lampu jenis ini banyak digunakan untuk lampu depan kendaraan. Dengan konsumsi daya yang sama, cahaya yang dihasilkan lampu halogen lebih terang dan lebih awet dibanding lampu biasa. Terkadang ada juga bohlam lampu halogen yang mengandung sedikit elemen Xenon untuk dapat menghasilkan cahaya lebih tinggi. Umumnya umur lampu pijar biasa hanya sekitar 750 hingga 1.500 jam, sementara umur lampu halogen bisa mencapai 2.000 hingga 4.000 jam.

2) *Lampu lucutan gas*

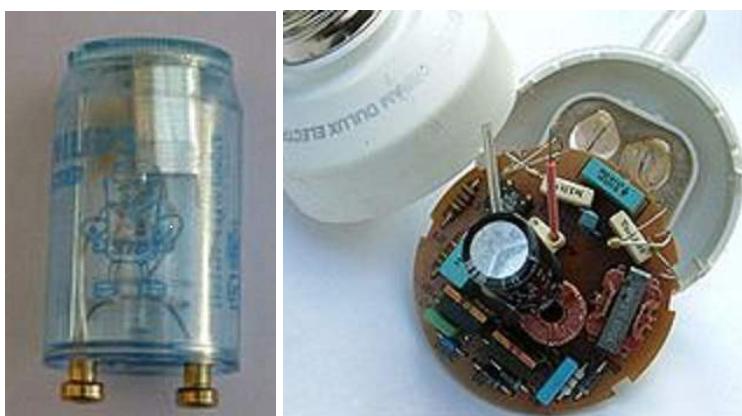
Pada 1910, jenis lampu lucutan gas (atau *gas discharge lamp*) bertegangan tinggi berhasil ditemukan. Berbeda dari jenis lampu-lampu sebelumnya, lampu jenis ini mampu menjadikan gas dalam tabung sebagai media perantara, menggantikan sambungan kawat Wolfram seperti yang digunakan pada lampu pijar. Lampu-lampu yang termasuk kelompok lampu lucutan gas antara lain lampu neon (disebut juga TL, *Tubular Luminescent*), lampu merkuri tekanan tinggi, lampu natrium tekanan rendah (LPS/SOX), lampu natrium tekanan tinggi (HPS/SON), dan lampu metal halida.

Prinsip kerja lampu ini didasari peristiwa emisi elektron yang bergerak dari katoda menuju anoda dalam tabung lampu yang menumbuk atom-atom media gas sedemikian rupa hingga terjadi pelepasan energi oleh subatom elektron, yakni dalam bentuk cahaya. Lampu jenis ini mampu menerbitkan loncatan listrik, semacam petir mini. Dalam hal ini emisi elektron yang terjadi dapat meningkatkan efikasi lampu menjadi di atas 50 Lumen/W, jauh di atas atau lebih tinggi dibandingkan dengan cara pemijaran pada lampu pijar. Pada lampu lucutan gas, terbuangnya energi listrik yang diubah menjadi energi cahaya melalui proses

emisi elektron dapat diminimaliskan dibanding dengan cara pemijaran. Peristiwa pemendaran energi cahaya seperti ini lebih dikenal dengan sebutan *Luminescence*. Lampu jenis ini terkadang juga disebut lampu pelepasan gas atau lampu luah.

a) Lampu neon

Pada awalnya jenis media gas yang digunakan pada lampu lucutan gas terbatas pada Natrium atau Sodium, namun kemudian berkembang hingga berbagai jenis gas dapat digunakan untuk jenis lampu ini. Salah satu jenis lampu lucutan gas yang berhasil dikembangkan pada 1939 adalah lampu yang lebih dikenal dengan sebutan lampu neon. Ada juga yang menyebutnya lampu TL (*Tube Luminescent*, tabung bercahaya) karena lampu ini memang berbentuk tabung (*tube*, tubular), meski dalam perkembangannya bentuk tabungnya dapat didesain sesuai kebutuhan.

Lampu neon atau lampu pendar adalah lampu listrik yang memanfaatkan gas Neon dan lapisan fluorescent sebagai pemendar cahaya pada saat dialiri arus listrik. Ketika lampu dihubungkan dengan aliran listrik, elektroda-elektroda berupa kawat lilitan pijar akan menyala dan menimbulkan panas. Energi panas ini akan mengubah atom merkuri Hg menjadi gas atau uap. Gas kemudian akan terionisasi dan menyebabkan elektron-elektron padanya bergerak-pindah dari salah satu ujung tabung ke ujung tabung yang lain melalui gas pada tabung. Kemudian, elektron dan atom-atom yang bermuatan bergerak, di antaranya akan saling bertumbukan dengan atom-atom dari uap merkuri.

Gambar 3.8
Penampang fisik lampu neon. (Sumber: amateur-physics.blogspot.com)

Tumbukan ini mengakibatkan atom-atom mengalami eksitasi sedemikian rupa, menyebabkan elektron melompat ke tingkat energi yang lebih tinggi. Ketika elektron kembali ke keadaan awalnya, sejumlah foton akan dilepaskan. Foton yang terpancar dari elektron-elektron berasal dari atom-merkuri memiliki panjang gelombang yang sama dengan panjang gelombang cahaya ultraviolet (UV) yang tidak terlihat mata. Lapisan pemendar yang terkena energi dari cahaya ultraviolet akan berpendar, mengubah cahaya ultraviolet menjadi cahaya tampak. Lapisan pemendar fosfor inilah yang memancarkan cahaya putih yang terlihat oleh mata.

Konstruksi lampu pendar terdiri atas tabung, starter, dan balas (Gambar 3.9). Starter atau penghidup sesungguhnya merupakan suatu saklar otomatis. Starter akan membiarkan arus listrik mengalir melalui elektroda-elektroda pada kedua ujung tabung kaca dan memanaskannya hingga mulai melepaskan elektron. Starter akan terbuka setelah beberapa detik. Tegangan listrik di antara kedua ujung tabung akan menyebabkan aliran elektron mengalir dalam tabung dan raksa terionisasi.

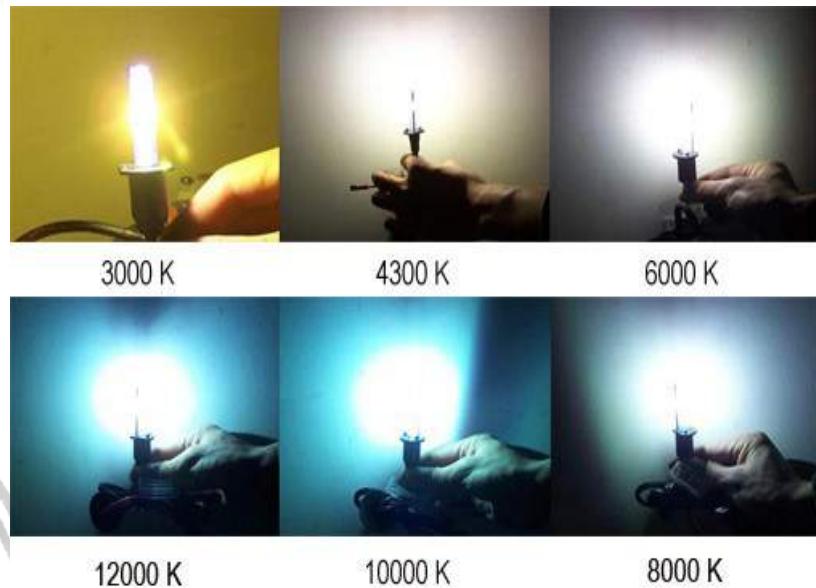
Balas atau pemberat berfungsi ganda, yakni sebagai pembangkit tegangan induksi yang tinggi (dipengaruhi kerja starter) agar terjadi pelepasan elektron di dalam tabung, dan sebagai pembatas arus yang melalui tabung setelah lampu bekerja normal. Balas menyediakan kondisi yang tepat untuk menghidupkan dan mengoperasikan lampu pendar. Balas akan mengatur tegangan dengan pembatasan arus. Ada dua macam balas yang lazim dipakai, magnetik dan elektronik. Balas elektronik lebih unggul karena lebih ringan, mudah dikemas, bisa dibuat lebih praktis, juga tidak memerlukan starter.

Lampu neon ini mempunyai kelebihan yang tidak dipunyai lampu pijar. Ia mampu menghasilkan cahaya output per watt daya yang digunakan,

Gambar 3.9
Starter (kiri) dan balas elektronik. (Sumber: http://id.wikipedia.org)

lebih tinggi daripada lampu pijar biasa. Jadi, lampu ini relatif lebih terang dan lebih hemat daya dibandingkan lampu pijar pada umumnya.

b) Lampu merkuri

Jenis lampu lucutan gas lainnya adalah lampu merkuri. Cara kerjanya adalah, mula-mula ionisasi akan terjadi di salah satu elektroda utama kemudian akan menyebar di dalam tabung dan bergerak menuju elektroda utama lainnya. Panas akan timbul akibat pelepasan elektron yang terjadi oleh gas argon, dan bahan ini cukup untuk menguapkan merkuri di sekelilingnya.

Gambar 3.10
Jenis lampu merkuri, tipe 50w ES MBFU.
(Sumber: www.tlc-direct.co.uk)

Setelah semua merkuri menjadi gas, resistensi elektroda kerja awal naik karena panas dan arus mengalir antar elektroda utama melalui gas. Kemudian, tekanan gas dalam tabung pun akan meningkat dan lampu pun akan menyala. Cahaya awal yang dihasilkan akan berwarna kemerahan, dan setelah kinerja lampu stabil maka cahaya akan berwarna putih. Daya lampu merkuri mencapai 1.000 watt.

Beberapa jenis lampu merkuri yang banyak dikenal dan digunakan dalam berbagai aplikasinya, yaitu lampu merkuri pendar (*fluorescent*), lampu merkuri reflektor, dan lampu merkuri perpaduan (*blended*).

c) Lampu Xenon

Jenis lampu lucutan gas berikutnya adalah lampu Xenon yang muncul pada 1959. Lampu (busur) Xenon adalah jenis khusus dari lampu lucutan, sebuah lampu listrik yang menghasilkan cahaya dengan melewatkan listrik melalui gas Xenon yang terionisasi pada tekanan tinggi. Cahaya yang dihasilkan bisa berupa sinar putih yang terang menyerupai sinar Matahari alami. Lampu (busur) Xenon ini banyak digunakan dalam proyektor film di bioskop, lampu sorot, untuk keperluan khusus dalam industri, dan dalam kegiatan penelitian yang memerlukannya sebagai pensimulasian sinar Matahari.

Gambar 3.11
Varian suhu warna dari lampu HID Xenon. (Sumber: belanjahid.blogspot.com)

Keistimewaan gas Xenon adalah memiliki konduktivitas termal dan potensial ionisasi terendah di antara seluruh gas mulia non-radioaktif. Sebagai gas mulia, Xenon tidak mengganggu reaksi kimia dalam lampu sehingga konduktivitas termal yang rendah akan mengurangi hilangnya panas dalam lampu saat beroperasi. Dengan potensial ionisasi yang rendah, Xenon akan menyebabkan tegangan dadal, *breakdown voltage*, dari gas menjadi relatif rendah saat dingin. Hal ini memungkinkan penghidupan lampu lebih cepat dan mudah.

Lampu Xenon didesain khusus untuk lampu sorot dengan warna yang lebih baik. Pada Gambar 3.11 terlihat adanya korelasi antara suhu warna dengan warna tertentu yang dimiliki oleh suatu sumber cahaya. Semakin tinggi suhu warna semakin sedikit jenis warna yang didapatkan. Lampu Xenon termasuk lampu lucutan berintensitas tinggi (HID, *High Intensity Discharge*), yaitu lampu yang dapat menghasilkan intensitas cahaya yang lebih tahan lama, lebih terang, dan lebih bagus. Hal ini karena lampu HID menggunakan gas Xenon yang mampu menghasilkan berpuluh kali lipat intensitas cahaya dibanding lampu lain dengan penggunaan daya yang relatif rendah. Penggunaan daya yang rendah ini juga memperpanjang usia lampu HID hingga lebih dari 3300 jam penggunaan.

d) Lampu halida logam

Lampu halida logam adalah jenis lampu lucutan berintensitas tinggi. Lampu ini memberikan intensitas cahaya tinggi dengan ukuran bola lampu yang relatif kecil, membuatnya menjadi sumber cahaya yang kompak dan hemat ruang. Seperti lampu HID lainnya, lampu halida beroperasi pada suhu dan tekanan tinggi dan memerlukan instalasi khusus untuk keamanan. Pada lampu jenis ini digunakan sistem reflektor, di mana ada cermin pemantul untuk mengumpulkan cahaya yang dihasilkan.

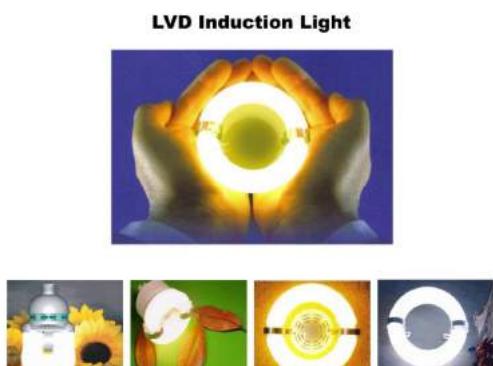
Seperti lampu lucutan gas lainnya, lampu halida logam memproduksi cahaya dengan melewatkan busur listrik melalui campuran gas. Pada lampu jenis ini, tabung busur diisi dengan campuran argon, raksa, dan halida logam dalam tekanan tinggi. Penyalaan pada lampu halida logam agak berbeda dengan lampu merkuri bertekanan tinggi karena adanya aktivitas kimia gas pengisinya. Karenanya, untuk memudahkan penyalaan awal di dalam gas ditambahkan gas mulia Neon dan Argon atau Kripton dan Argon. Ia disebut lampu metal halida atau halida logam karena menggunakan metal yang disenyawakan dengan halogen, yaitu unsur F, CL, Br, dan I.

Efikasi lampu berkisar antara 75 –95 lm/W, tergantung pada jenis dan besarnya daya lampu (bahkan ada yang menyebut efikasi lampu ini antara 65–115 lm/W). Data lain menambahkan bahwa sekitar 24% energi yang digunakan pada lampu halida logam diubah menjadi cahaya sehingga membuatnya lebih efisien daripada jenis lampu pendar biasa.

e) Lampu Natrium (Sodium)

Pada 1965 peneliti telah berhasil membuat jenis lampu natrium (atau sodium) bertekanan tinggi. Lampu natrium sesungguhnya termasuk kelompok jenis lampu pendar yang menggunakan gas natrium (atau sodium) dalam keadaan tereksitasi, yang dapat menghasilkan cahaya. Ada dua jenis lampu natrium yang berkembang, yakni lampu yang bertekanan rendah dan yang bertekanan tinggi.

Pertama, lampu natrium bertekanan rendah (LPS, *Low Pressure Sodiumi*) atau lampu natrium oksida (*SOX, Sodium Oxide*). Lampu jenis ini terdiri atas pelindung hampa luar terbuat dari gelas yang dilapisi dengan lapisan pemantul inframerah yang memungkinkan cahaya tampak dapat lewat tetapi inframerah dipantulkan kembali. Karenanya, prinsip kerja lampu ini sama dengan prinsip kerja lampu tabung lainnya, yakni berdasarkan peristiwa emisi elektron (*electron discharge*) dalam tabung gas (*arc tube*). Cahaya yang di-

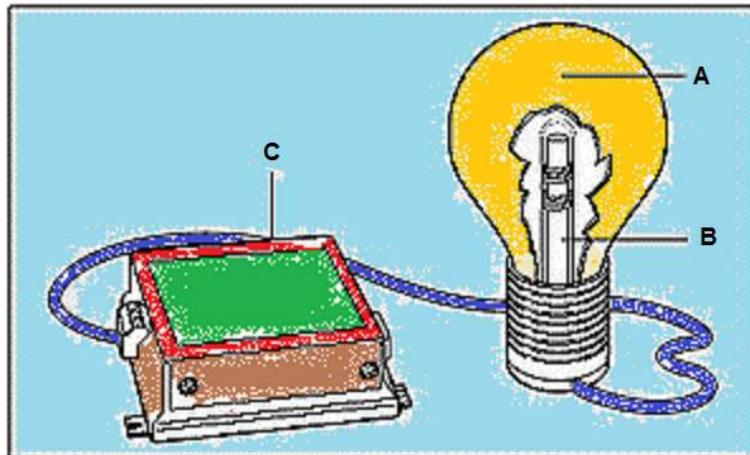
hasilkan hampir tunggal monokromatik dengan panjang gelombang sekitar 589,3 nm (yang sebenarnya terbentuk dua panjang gelombang 589,0 nm dan 589,6 nm). Biasanya warna benda yang tersinari tidak dapat dibedakan dengan mudah karena tampak pucat.

Lampu natrium tekanan rendah seperti ini merupakan sumber cahaya elektrik yang paling efisien karena efikasi lampu mencapai hingga 200 lm/W. Cahaya yang dihasilkan pun memiliki panjang gelombang yang mendekati sensitivitas puncak dari mata manusia. Lampu LPS ini memiliki karakteristik yang unik, dimana intensitas keluaran cahaya lampu ini tidak berkurang seiring dengan penuaan, tidak seperti lampu jenis lain. Lampu LPS sedikit meningkatkan konsumsi daya (kira-kira 10%) sebelum berakhir; dan biasanya mencapai umur sekitar 12.0000 hingga 18.000 jam penggunaan.

Kedua, lampu natrium tekanan tinggi. Lampu natrium bertekanan tinggi (HPS, *High Pressure Sodium*) berukuran lebih kecil dan mengandung unsur tambahan seperti raksa (merkuri), serta cahaya yang dihasilkan berwarna oranye kemerah-jambuan, meski beberapa bola lampu dapat juga menghasilkan cahaya putih kebiruan. Hal ini merupakan pengaruh dari cahaya raksa sebelum natrium menguap sempurna.

Lampu jenis ini juga lebih disukai untuk penyinaran tumbuhan dalam ruang karena lebarnya spektrum suhu warna yang dihasilkan serta efisiensinya yang relatif tinggi. Prinsip kerjanya sama dengan prinsip kerja lampu natrium tekanan rendah, yaitu berdasarkan terjadinya pelepasan atau emisi elektron di dalam tabung lampu. Jenis lampu ini mempunyai tekanan gas di dalam tabung kira-kira 1/3 atmosfer (atau 250 mm merkuri), dibandingkan dengan tekanan gas dalam lampu natrium tekanan rendah yang kira-kira hanya 10 mm merkuri. Lampu ini unggul berkat efikasinya yang tinggi, antara 90–120 lm/watt, meski masih lebih rendah dibanding efikasi lampu natrium bertekanan rendah. Umur lampu ini juga panjang, antara 12.000–20.000 jam.

f) Lampu Induksi Internal

Lampu induksi adalah produk teknologi yang menjanjikan lampu dengan efisiensi tinggi dan umur teknis panjang. Lampu induksi pertama kali ditemukan oleh pemenang Nobel, JJ. Thomson. Sekitar tahun 1960–1970-an, paten untuk lampu induksi praktis diajukan oleh General Electric dan Philips. Tidak sampai tahun 1990-an lampu induksi sudah digunakan pada skala yang lebih luas. Sampai saat ini lampu jenis ini masih terus dikembangkan untuk memperbaiki kualitas lampu.

LVD Induction Light

Gambar 3.12
Lampu induksi internal.
(Sumber: http://www.powerbell.co.id)

Lampu tanpa elektroda atau lampu induksi internal termasuk kelompok lampu lucutan gas, di mana daya yang dibutuhkan untuk menghasilkan cahaya ditransfer dari luar tabung ke atom gas di dalam tabung melalui medan listrik atau magnet. Hal ini berbeda dari lampu lucutan gas yang pada umumnya menggunakan elektroda yang terhubung dengan sumber melalui penghantar listrik yang lewat dalam tabung lampu.

Sampai saat ini ada dua jenis utama lampu induksi magnetik yang sudah dikembangkan, yakni lampu induksi eksternal dan lampu induksi internal. Lampu induksi pertama yang masih banyak digunakan adalah jenis induksi internal. Belakangan dikembangkanlah jenis lampu induksi eksternal yang memiliki jangkauan aplikasi lebih luas dan tersedia dalam berbagai bentuk, dari bulat, persegi panjang, hingga oval.

Cara kerja lampu induksi eksternal pada dasarnya sama seperti lampu neon yang tabungnya diberi lilitan komponen elektromagnet. Dalam lampu induksi eksternal, energi frekuensi tinggi yang dihasilkan balas elektronik dikirim melalui kabel yang dibungkus dengan kumparan ferit yang terletak di bagian luar tabung kaca, dan mampu menghasilkan induksi elektromagnet yang kuat, disebut induktor. Kumparan induktor menghasilkan medan magnet yang sangat kuat yang bergerak menembus kaca dan mengeksitasi atom merkuri dalam tabung. Atom-atom merkuri yang diisikan dalam bentuk merkuri padat. Atom-atom merkuri tereksitasi, memancarkan sinar ultraviolet (UV) yang kemudian akan diubah menjadi cahaya tampak oleh lapisan pendaran, fosfor, yang melapisi bagian sebelah dalam tabung. Dinding kaca lampu akan mencegah emisi sinar UV yang berpanjang gelombang antara 185–253,7 nm

Bentuk induktor internal (Gambar 3.13): tabung gelas (B) menjorok ke dalam ruang bola kaca dari dasar tabung pelepasan muatan (A), berbentuk rongga. Tabung ini berisi antena yang berkekuatan *coupler*, terdiri atas kumparan di atas silinder inti ferit. Kumparan dan inti ferit adalah induktor yang menghubungkan energi ke interior lampu. Antena akan menerima

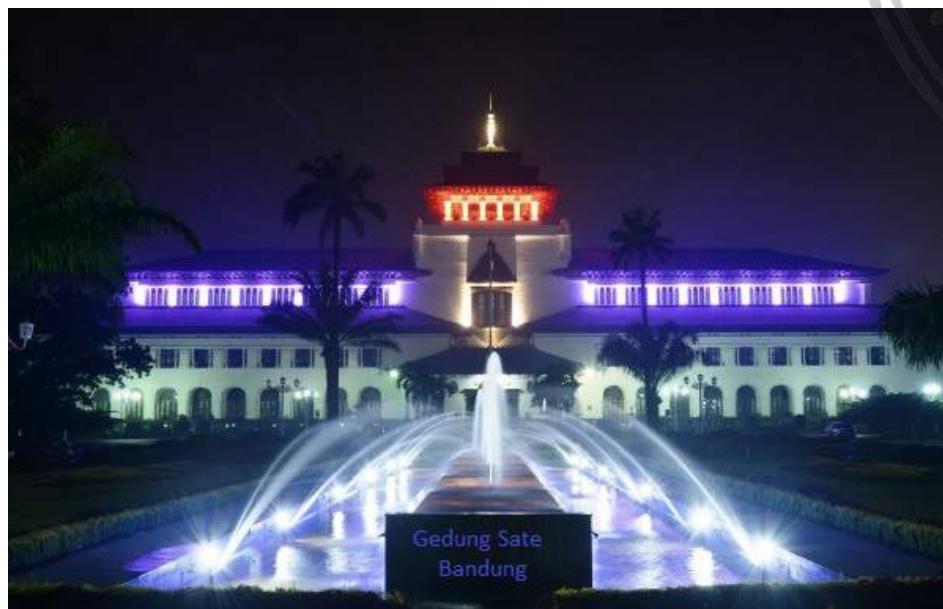
Gambar 3.13
Diagram lampu induktor internal. (Sumber: en.wikipedia.org)

arus listrik dari balas elektronik (C) yang menghasilkan frekuensi tinggi yang bervariasi sesuai dengan desain lampu, misalnya 13,6 MHz, 2,65 MHz, dan 250 kHz. Balas juga akan menghasilkan tegangan tinggi awal pada kumparan untuk memulai pelepasan gas, yang kemudian tegangan akan berkurang dan berjalan ke level normal.

Dalam lampu lucutan gas konvensional lain, elektroda merupakan bagian yang berumur pendek sehingga dapat membatasi umur lampu. Hal itu tidak berlaku pada lampu induksi tanpa elektroda. Lampu ini dapat memiliki umur teknis yang lebih panjang. Untuk sistem lampu induksi dengan komponen balas terpisah, umur lampu dapat mencapai 100.000 jam atau 11,4 tahun operasi. Adapun lampu induksi dengan komponen balas menyatu, umurnya berada pada kisaran 15.000 sampai 50.000 jam. Lampu jenis ini dapat digunakan untuk aplikasi komersial atau industri. Biasanya operasi dan biaya pemeliharaan lampu ini lebih rendah signifikan dan bergaransi 5–10 tahun.

Manfaat dan keuntungan menggunakan lampu induksi sistem tanpa elektroda internal ini antara lain:

(1) Umur teknisnya panjang, antara 25.000 hingga 100.000 jam, tergantung pada model lampu dan kualitas elektronik yang digunakan;
(2) Efikasi lampu induksi LVD pada umumnya sekitar 62–90 lumen/watt, setara dengan lampu metal halida konvensional, tanpa penurunan lumen;
(3) Pengoperasiannya jauh lebih dapat diandalkan dengan depresiasi lumen yang jauh berkurang, tidak peduli seberapa sering lampu ini dinyalakan. Hingga 60.000 jam,

lampu induksi bahkan masih menghasilkan kurang lebih 80% dari output cahaya awalnya.

Namun, lampu jenis ini juga tidak lepas dari kekurangan. Ukuran dimensi lampu yang cenderung besar, terutama dalam model watt yang lebih tinggi, membuatnya tidak selalu cocok dalam aplikasinya. Beberapa jenis lampu induktor juga mengandung merkuri yang sangat beracun jika dilepaskan ke lingkungan.

c) Lampu *Light-Emitting Diode* (LED)

Dalam bab sebelumnya telah dibahas berbagai jenis lampu listrik, dari kelompok lampu pijar hingga lampu lucutan gas atau lampu pendar fluoresen sebagai sumber cahaya buatan. Masih ada satu jenis lampu lagi yang dikenal sebagai lampu listrik elektroluminesen. Fenomena elektroluminesensi merupakan gejala fluoresensi yang terjadi akibat ditembaki (dibombardir) dengan elektron-elektron. Yang termasuk jenis lampu elektroluminesen antara lain tabung televisi, LED (*Light-Emitting Diode*), Laser (*Light Amplification Stimulated Emission of Radiation*), dan LCD (*Liquid Crystal Display*). Kita akan membatasi bahasan dalam bagian ini tentang lampu LED saja.

Sejak lampu listrik ditemukan, teknologi pembuatan lampu terus berkembang, mulai dari penemuan lampu pijar pertama oleh Edison, lalu

Gambar 3.14
Gedung Sate Bandung dihiasi dengan LED di waktu malam.
(Sumber: mudabebas.blogspot.com)

dalam waktu yang hampir bersamaan ditemukan pula lampu *fluorescence* (TL) dan merkuri. Hasilnya, sampai saat ini ada beragam jenis lampu yang sudah digunakan untuk berbagai keperluan, seperti lampu pijar, lampu pendar-TL, lampu lucutan gas seperti lampu Merkuri, lampu Halogen, lampu Sodium (Natrium), lampu induksi; dan sebagainya.

Dengan berbagai alasan dan pertimbangan, ditinjau dari untung dan ruginya, produk lampu terus dikembangkan untuk mendapatkan jenis lampu yang diidamkan; suatu lampu yang bercahaya terang, memberi warna yang bagus, hemat energi, awet, praktis dan mudah dibawa, dan bila memungkinkan harganya terjangkau oleh seluruh lapisan masyarakat.

Akhir-akhir ini muncul LED (*Light-Emitting Diode*), sejenis lampu yang dalam peragaan kemampuannya cukup menjanjikan, suatu harapan untuk dapat digunakan di masa depan. Lampu LED bisa menjadi pesaing lampu generasi terdahulu, seperti lampu pijar, lampu lucutan gas, atau lampu pendar. Saat ini, aplikasi LED semakin meluas. Untuk keperluan penerangan, meski belum begitu diminati masyarakat, sebenarnya teknologi berbasis *Solid Sta-*

Tabel 3
Daftar perbandingan efikas dari beberapa jenis lampu.
(Sumber: www.academia.edu/6342619/Jenis-jenis_lampu)

JENIS LAMPU	EFFIKASI (lm/watt)
LAMPU API LILIN	0.1
LAMPU API MINYAK	0.3
LAMPU LISTRIK PIJAR EDISON	1.4 - 4.5
LAMPU LISTRIK PIJAR MODERN	14 - 18
LAMPU LISTRIK PIJAR HALOGEN	16 - 20
LAMPU PENDAR FLUORESEN	50 - 85
LAMPU PENDAR MERKURI	40 - 70
LAMPU PENDAR METAL HALIDA	60 - 80
LAMPU PENDAR NATRIUM	90 - 100
LAMPU PENDAR INDUKSI	62 - 90
LAMPU LED	115 - 180

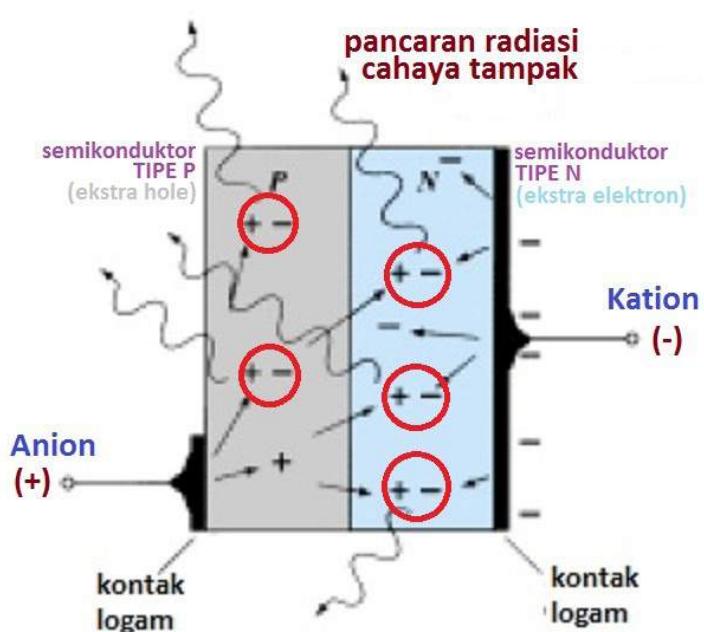
te Lighting (SSL) sudah lama dikenal di dunia, termasuk Indonesia.

Kemajuan di bidang fisika semikonduktor yang ditandai perkembangan teknologi transistor pada 1951 telah menuju ditemukannya luminesensi merah pertama oleh Nick Holonyak sebagai tonggak sejarah lahirnya industri LED pada 1962; suatu efisiensi yang hanya dapat ditandingi oleh lampu lucutan gas (*Gas Discharge Lamp*), seperti lampu HID (*High Intensity Discharge*) (lihat Tabel 3).

Kini lampu jenis LED sudah jamak ditemukan, baik untuk penerangan rumah, penerangan jalan, lalu lintas, iklan dan reklame, serta dalam desain interior/eksterior gedung. Namun, lampu ini masih kurang diminati karena harganya masih relatif mahal.

Berturut-turut peneliti berhasil mengembangkan berbagai warna LED, dan pada 1995 LED cahaya putih berhasil dibuat. Pada 2006 LED dengan efikasi mencapai 100 lumen/watt berhasil dikembangkan. Pada 2010, dalam uji coba skala laboratorium, lampu jenis LED dengan warna tertentu bahkan mampu mencapai efikasi sebesar 250 lumen/watt.

Beberapa model lampu LED bergaya bohlam hadir dalam warna putih susu, juga warna-warni. Dari uji laboratorium diketahui bahwa daya yang diperlukan lampu jenis ini hanya sekitar 4–10 watt; bandingkan dengan lampu neon sejenis yang bisa mencapai 12–20 watt. Dihitung secara saksama, harus diakui bahwa penggunaan daya lampu LED lebih hemat daripada lampu TL. Dibandingkan dengan jenis lampu pijar, lampu LED dapat menghemat daya hingga 80%. Lampu ini juga ramah lingkungan karena tidak memerlukan unsur merkuri, sebab ia tidak memancarkan sinar ultraviolet (UV).

Light-Emitting Diode (LED) merupakan jenis dioda semikonduktor istimewa yang dapat mengeluarkan energi cahaya

Gambar 3.15
Contoh jenis bohlam pijar, CFL dan LED.
(Sumber: devids.net)

ketika diberi tegangan. Semikonduktor adalah sebuah bahan dengan konduktivitas listrik yang dalam keadaan normal bersifat insulator (isolator), tetapi jika ia diberi kondisi persyaratan tertentu, ia dapat berfungsi sebagai konduktor. Dalam dunia elektronika, bahan semikonduktor ini dikenal sebagai bahan atau material yang dapat menghantarkan arus listrik, meski tidak sebaik bahan konduktor. Semikonduktor umumnya terbuat dari konduktor lemah yang diberi pengotor atau doping, berupa material lain.

Ketidakmurnian ini dilakukan untuk menciptakan suatu struktur bahan yang disebut P-N *junction*. Dalam ilmu fisika elektronika, proses doping bertujuan agar dengan menambahkan elektron bebas akan diperoleh material atau P-N *junction* yang konduktif. Ketika semikonduktor tipe P dan N disatukan secara kimiawi, akan terbentuk lapisan deplesi yang memisahkan satu dengan lainnya. Saat tidak dialiri listrik, muatan listrik yang ada karena perbedaan polaritas satu sama lainnya akan menyisakan tegangan listrik yang kecil, atau disebut tegangan listrik penghalang atau *electric potential barrier*.

Saat diberi aliran listrik, pembawa muatan—masing-masing berupa elektron bermuatan negatif dan *hole* (lubang) bermuatan positif—mengalir ke sambungan atau *junction* dari elektroda dengan voltase berbeda. Ketika bertemu dengan lubang, elektron "jatuh" ke tingkat energi yang lebih rendah seraya melepaskan energi dalam bentuk foton. Peristiwa ini disebut gejala elektroluminesensi, pancaran cahaya yang disebabkan oleh tumbukan elektron bebas yang bergerak karena aliran listrik yang diberikan. Sambungan ini bisa memancarkan cahaya hanya

Gambar 3.16
Dioda, P-N junction bahan LED.
(Sumber: elkaasik.com)

ketika mengalami bias maju (*forward bias*).

Sebuah LED merupakan peranti dioda yang dirancang untuk melepaskan sejumlah banyak foton sehingga dapat menghasilkan cahaya yang tampak oleh mata. Agar cahaya yang dihasilkan terfokus pada suatu arah, LED dibungkus dengan bohlam plastik rancangan khusus. Ada beberapa keunggulan lampu jenis LED, antara lain:

(1) Memiliki efisiensi energi yang lebih tinggi dibandingkan lampu lain. LED lebih hemat energi 80–90% dibandingkan lampu lain;
(2) Memiliki waktu nyala yang lebih lama, mencapai 100.000 jam;
(3) Cahaya keluaran dari LED bersifat dingin, tidak ada sinar UV atau energi panas;
(4) Mempunyai warna yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan tanpa perlu menambah filter sehingga lebih hemat biaya;
(5) Ramah lingkungan karena tidak mengandung merkuri.

OLED (Organic LED), Bahan LED Masa Depan

OLED (Organic LED), sejenis bahan LED yang dapat diandalkan untuk mendukung pengembangan LED di masa depan, sampai sekarang masih terus dikembangkan.

Gambar 3.17
Struktur OLED, bahan LED organik.
(Sumber: educypedia.karadimov.info)

OLED merupakan LED di mana lapisan yang memancarkan elektroluminesen berupa lapisan tipis senyawa organik yang mampu memancarkan cahaya sebagai respons atas pemberian arus listrik. Lapisan semikonduktor organik diletakkan di antara dua elektroda

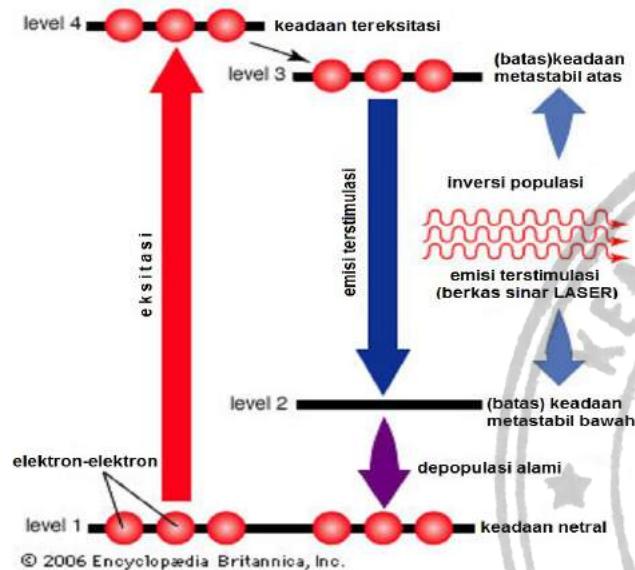
di mana salah satu, biasanya, berupa elektroda transparan. OLED terdiri atas satu atau lebih bahan organik. Tiap lapis bahan organik tersebut mempunyai fungsi yang spesifik, salah satunya menginjeksi muatan positif atau negatif, lalu muatan tersebut dihantarkan ke layar emisif.

Berdasarkan bahan organik yang digunakan, OLED terbagi menjadi dua jenis, yaitu molekul organik dan polimer. Molekul organik perlu proses deposisi pada suatu substrat sehingga diperoleh susunan kristal yang teratur. Diameter molekul organiknya berkisar antara 5–10 nanometer. Sementara itu, polimer memerlukan proses pelapisan pada suatu substrat. Material tersebut digunakan untuk meningkatkan emisivitas suatu bahan.

Penggunaan struktur berlapis dari bahan organik bisa meningkatkan efisiensi layar OLED. Setiap lapisan pada bahan organik memiliki sifat spesifik, seperti mobilitas yang tinggi, laju flourosensi, dan sifat emisinya. Ada keuntungan nyata dalam penggunaan beberapa lapis bahan organik dibandingkan penggunaan satu lapisan. Satu lapisan bahan organik bisa saja mempunyai sifat mobilitas yang baik, namun di sisi lain ia memiliki sifat emisif yang buruk, atau sebaliknya. Efisiensi layar OLED dapat diukur dalam satuan lumen per watt.

Teknologi OLED sangat bermanfaat, misalnya untuk layar display. Layar OLED bisa menghasilkan resolusi yang tinggi, kontras yang baik, sudut pandang yang baik dari berbagai sisi, dan konsumsi listrik yang rendah. Teknologi layar OLED juga dapat mengatasi salah satu kelemahan layar LCD yang akan terlihat buram bila dilihat dari samping. Stephen Forrest, profesor teknik elektro dan fisika di University of Michigan, penemu OLED, dengan yakin mengatakan bahwa OLED bisa menjadi lampu masa depan untuk menggantikan lampu pijar ataupun lampu fluoresen.

2. Sinar Laser

LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) merupakan prosesi pelipatgandaan intensitas cahaya yang diperoleh dari radiasi suatu molekul tertentu yang kemudian melepaskan radiasi dengan intensitas tinggi, atau emisi terstimulasi. Sistem dan cara kerja sinar laser dapat dipergunakan untuk berbagai macam tujuan. Sebagai salah satu sumber cahaya, laser kini telah menjadi sesuatu yang umum ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Dalam penggunaannya, energi laser yang terpancar tiap satuan waktu dinyatakan dengan orde dari beberapa mW (contoh: laser yang digunakan dalam sistem *audio laser disk*) sampai dengan beberapa MW (contoh: laser yang digunakan untuk senjata). Besarnya energi laser yang dipilih bergantung pada penggunaannya. Sinar laser dimanfaatkan misalnya pada bidang kedokteran, jasa, industri, astronomi, fotografi, elektronika, hingga peralatan komunikasi.

Jauh sebelum dikenal sebagai laser, Albert Einstein sudah berteori tentang berkas cahaya, bahwa ia bukan saja berupa gelombang elektromagnetik tetapi juga mengandung mua-

tan partikel serta energi yang dikenal sebagai radiasi. Selain mengemukakan teori efek fotolistrik, ketika itu Einstein juga mengemukakan keberadaan tiga proses mendasar dalam interaksi cahaya dan materi, yakni (1) absorpsi (penyerapan cahaya), (2) emisi (pemancaran cahaya) spontan, dan (3) emisi terstimulasi. Proses absorpsi dan emisi merupakan landasan dari teori kuantisasi yang digagas dan dikembangkan oleh Planck.

Proses emisi terstimulasi ini merupakan pandangan terhadap sebuah atom yang tereksitasi, selain dapat meluruh energinya akibat emisi spontan, juga dapat meluruh apabila berinteraksi dengan sebuah foton dengan memancarkan kembarannya. Proses emisi terstimulasi ini dengan demikian dapat dipandang sebagai proses absorpsi negatif oleh material yang berdampak pada kemungkinan untuk membangkitkan dan memperkuat suatu radiasi berenergi yang bersifat koheren dalam perambatannya. Mekanisme inilah yang kemudian menjadi dasar fisis dalam mengembangkan sinar laser pada abad ke-20 oleh Gordon Gould.

Pada awalnya, seorang fisikawan bernama Theodore H. Maiman (1960), berhasil menyelesaikan pembuatan laser untuk pertama kalinya dengan cara memompa sebuah kristal rubi (Al_2O_3) secara optik yang menghasilkan radiasi pada panjang gelombang 694 nm. Secara sederhana mekanisme pembentukan laser tampak pada Gambar 3.18.

Gambar 3.18
Mekanisme pembentukan laser.
(Sumber: www.britannica.com)

Jadi, pada hakikatnya pembentukan laser dimulai dengan proses eksitasi atau *optical pumping* pada suatu molekul yang kemudian sebagian energi dipancarkan kembali pada panjang gelombang tertentu. Dengan demikian, bergantung pada jenis molekul yang disinari, akan terbentuk laser berpanjang gelombang tertentu atau warna

yang berbeda seperti merah atau hijau. Penemuan oleh Maiman ini kemudian diikuti oleh penemuan lainnya, seperti laser berbasis gas HeNe oleh Javan-Bennet-Herriot (pada 1960); dioda laser semikonduktor oleh Robert Hall (pada 1962) dengan material GaAs pada rentang inframerah; dan dioda laser pada rentang cahaya tampak oleh Nick Holonyak (pada 1962).

Ada tiga sifat penting laser yang akan membedakan kualitasnya, yakni koherensi (memfokus) yang tinggi sehingga lurus, monokromatis, dan intensitas yang amat tinggi. Energinya juga variatif, dari ukuran mW (seperti laser He-Ne), 1 kw untuk laser CO_2 (gas) hingga 5×10^8 W untuk laser ruby (merah). Sifat radiasi yang lurus dapat difokuskan dengan sebuah lensa untuk diarahkan pada daerah sempit, misalnya 1 $Å^2$. Ini berarti energi pada sasaran tersebut menjadi amat besar sehinggga dapat digunakan sebagai pisau bedah otot (*vocal cord*) dan operasi mata. Laser ruby (merah, λ = 694,3 ηm) dengan energi 3×10^8 W dapat diarahkan pada target kecil seluas 10^{-4} cm^2 sehingga dayanya menjadi amat besar, yakni 3×10^{12} W. Energi sebesar ini dapat digunakan untuk memotong atau melubangi baja (logam). Namun, intensitas yang tinggi ini tentu berbahaya bagi manusia karena dapat merusak mata atau membakar kulit. Perkembangan teknologi menunjukkan bahwa laser dapat digunakan dalam dunia nuklir, yakni untuk memisahkan isotop radioaktif

Gambar 3.19
Berbagai jenis laser dengan bermacam tujuan penggunaan.
(Sumber: www.nurgroupsteel.com; teachers.egfi-k12.org; www.fevgato.eu)

(^{235}UF6 dan ^{238}UF6) dan bahkan dengan desain khusus dapat pula untuk menghasilkan reaksi fusi nuklir.

3. Lampu Ultraviolet

Lampu ultraungu atau ultraviolet (disingkat UV) adalah sumber cahaya yang dapat memancarkan cahaya ultraungu (160–380 μm). Daerah panjang gelombang tersebut dapat dihasilkan oleh lampu hidrogen (H_2) dan deuterium (D_2) yang dalam dunia ilmu digunakan dalam spektroskopi UV. Sinar ultraungu dalam kehidupan sehari-hari banyak dipakai untuk sterilisasi air minum karena dapat mematikan bakteri, setelah proses penjernihan dilakukan. Dalam laboratorium, lampu UV dipakai dalam spektrofluorometri karena sinar ultraungu dengan panjang gelombang tertentu dapat menjadikan molekul berpendar atau berfluoresensi. Dalam dunia perbankan, sinar ultraungu digunakan untuk membaca tanda tangan pada buku bank. Tanda tangan tersebut tak terbaca dengan cahaya biasa dan baru berpendar setelah disinari dengan sinar ultraungu. Sinar ultraungu atau UV tidak boleh mengenai mata karena dapat merusak kornea mata.

4. Lampu Inframerah

Mencermati kandungan Surah Āli 'Imrān/3: 190–191 akan membawa para *Ulul Albāb* menuju informasi ilmu pengetahuan yang dikemas di balik rahasia ciptaan-Nya. *Ulul Albāb* itu adalah para ilmuwan, mereka yang selalu mengingat Allah baik dalam keadaan duduk, berdiri, maupun berbaring, dan tetap beripikir tentang penciptaan langit dan Bumi hingga ia menemukan jawaban bahwa tidak ada satupun ciptaan Allah yang sia-sia. Allah berfirman,

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمٰوٰتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ الَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَاٰيٰتٍ لِّأُولِى الْأَلْبَابِ ۙ ﴿١٩٠﴾ الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللّٰهَ قِيَامًا وَّقُعُودًا وَّعَلٰى جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمٰوٰتِ وَالْأَرْضِ ۚ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هٰذَا بَاطِلًا ۚ سُبْحٰنَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan Bumi, dan pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal, (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk atau dalam keadaan berbaring, dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan Bumi (seraya berkata), "Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia; Mahasuci Engkau, lindungilah kami dari azab neraka." (Āli 'Imrān/3: 190–191)

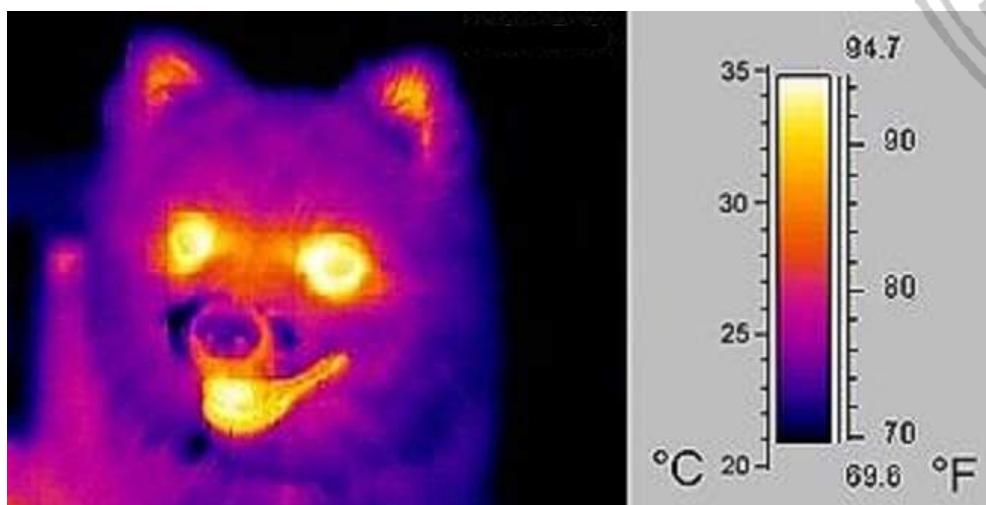
Penggantian malam dan siang memberitahu kita bahwa di balik sinar Matahari yang berperan dalam kejadian siang dan malam ada sesuatu yang bisa diambil manfaatnya bagi kehidupan manusia. Memang, pasti ada man-

faat yang lebih besar daripada itu, bukan sekadar manfaat fisik-lahiriah, yakni menjadi petunjuk atas tanda-tanda keagungan dan kekuasaan Allah. Karenanya, Rasulullah menangis ketika menerima wahyu ayat-ayat ini. Beliau pasti sangat memahami makna yang terkandung dalam ayat-ayat tersebut.

Sejak lama manusia telah merasakan kehangatan sinar Matahari tanpa mengetahui penyebab rasa hangat itu. Bahkan, kurang dari 200 tahun yang lalu, keberadaan inframerah, penyebab kehangatan itu, sebagai bagian dari spektrum elektromagnetik tidak pernah dicurigai. Adalah penemuan tidak sengaja Sir William Herschel, astronom kerajaan Inggris, yang menjadi awal mula penemuan sinar inframerah olehnya pada 1800. Dalam pengujian sampel, ia menemukan indikasi adanya beberapa sampel kaca yang melewatkan sangat sedikit panas matahari, sementara yang lain melewatkan begitu banyak panas yang berisiko merusak mata. Peneliti Italia, Landriani, juga melihat efek yang sama pada 1777.

Ketika mengungkapkan temuannya ini, Herschel menyebut bagian dari spektrum elektromagnetik ini sebagai *thermometrical spectrum*. Ia menemukan bahwa titik maksimumnya terletak jauh melampaui akhir warna merah, dalam apa yang dikenal saat ini sebagai panjang gelombang inframerah. Ironisnya, bertentangan dengan pendapat populer, istilah inframerah bukan berasal dari Herschel. Kata tersebut mulai muncul di media cetak sekitar 75 tahun kemudian.

Pada 1830, ilmuwan Italia bernama Melloni membuat penemuan besar bahwa batu alami garam atau NaCl (yang cukup besar tersedia dalam kristal alam untuk dibuat menjadi lensa dan prisma) sangat transparan terhadap inframerah. Hasilnya, garam batu menjadi bahan utama optik inframerah, sampai kemudian ditemukan kristal sintetis yang berkembang pada 1930-an.

Dalam ilmu fisika sinar inframerah (*infrared*) terdefinisi sebagai sinar elektromagnet yang memiliki panjang gelombang di atas cahaya tampak (380–700 nm), yakni berada pada daerah panjang gelombang 0,75–1.000 μm, atau pada bilangan gelombang 13.000–10 cm^{-1}, atau berada pada daerah frekuensi 1011–1014 Hz.

Sebutan inframerah berarti bawah merah (infra dalam bahasa Latin berarti bawah), sementara merah merupakan warna dari cahaya tampak dengan gelombang terpanjang. Sinar inframerah merupakan cahaya yang tidak tampak. Ia hanya dapat dideteksi melalui detektor. Dilihat dengan spektroskop cahaya, radiasi cahaya inframerah akan tampak pada spektrum elektromagnet dengan panjang ge-

lombang di atas panjang gelombang cahaya merah. Ia tidak akan tampak oleh mata, namun radiasi panas yang ditimbulkannya dapat dirasakan. Saraf pada kulit manusia dapat merasakan perbedaan suhu, tetapi tidak dapat mendeteksi sinar inframerah. Selain tidak dapat dilihat oleh mata telanjang, sinar inframerah tidak dapat menembus materi meskipun materi itu transparan atau tembus pandang.

Sinar infamerah dihasilkan oleh elektron dalam molekul-molekul yang bergetar karena benda dipanaskan. Setiap benda yang bersuhu di atas nol Kelvin pasti memancarkan radiasi inframerah, seperti cahaya api, cahaya matahari, cahaya lampu, radiator kendaraan, pantulan jalan aspal yang terkena panas, dan sejenisnya. Karena itu, sinar inframerah sering disebut sebagai gelombang radiasi panas. Sebagian besar energi matahari yang sampai ke Bumi pun berupa sinar inframerah. Sinar matahari langsung yang berkekuatan 93 lumens/watt flux radian mengandung sinar inframerah (47%), cahaya tampak (46%), dan sinar ultraviolet (6%) .

Diketahui juga bahwa panjang gelombang inframerah berbanding terbalik dengan suhu. Karenanya, ketika suhu naik maka panjang gelombang akan menurun, bergeser ke arah inframerah jarak dekat. Sinar inframerah tidak berbahaya karena energinya tidak sebesar cahaya ultraviolet, tetapi dia dapat membangkitkan panas yang dapat digunakan dalam berbagai macam tujuan.

Gambar 3.20
Foto seekor anjing diambil dengan cahaya inframerah menengah (MIR).
(Sumber: id.wikipedia.org)

Berdasarkan panjang gelombang-nya sinar inframerah dapat dibedakan masing-masing sebagai berikut.

1. Inframerah jarak dekat (NIR, *near infrared*), dengan panjang gelombang 0,75–2,5 μm; banyak digunakan untuk pencitraan pandangan malam seperti pada *nightscoop*, bidang farmasetika, diagnostik medis, ilmu pangan dan agrokimia (terutama yang terkait pengujian kualitas), riset mesin bakar, dan spektroskopi dalam astronomi;
2. Inframerah jarak menengah (MIR, *medium infrared*) dengan panjang gelombang 2,50–50 μm; banyak digunakan pada berbagai alarm.
3. Inframerah jarak jauh (FIR, *far infrared*) dengan panjang gelombang 50–1.000 μm; banyak digunakan pada alat-alat kesehatan, yang kemudian dikembangkan lagi pada bidang-bidang lain, seperti keamanan bandara berupa pengecekan senjata biasa, senjata kimia, senjata biologi, serta senjata lainnya. Inframerah gelombang panjang (FIR) memiliki frekuensi sekitar 0,1–10 x 10^{12} Hz. Inframerah seperti ini sering disebut sebagai gelombang Tera (THz). Pada spektrum elektromagnetik, FIR atau gelombang Tera ini terletak antara inframerah pada umumnya dengan gelombang mikro.

D. SUMBER CAHAYA HEWANI (BIOLUMINESEN)

Selain Matahari sumber cahaya alam raya dan lampu sebagai sumber cahaya ciptaan manusia, ada pula sumber cahaya dari hewan atau bioluminesen. Bioluminesen (*bioluminescence*) adalah emisi cahaya yang diproduksi oleh reaksi kimia yang terjadi di dalam tubuh suatu organisme. Sebagian besar hewan penghasil cahaya pada beberapa bagian tubuhnya

Gambar 3.21
Terapi dengan lampu inframerah. (Sumber: www.alatfisioterapi.web.id)

merupakan organisme laut, sebagian kecil organisme darat, dan sangat sedikit organisme perairan tawar.

Gambar 3.22
Sumber cahaya hewani (Bioluminesen).
(Sumber: biolum.tumblr.com)

Pencahayaan dapat terjadi karena mekanisme kimia dalam tubuh organisme, yang cenderung diturunkan secara genetis. Pencahayaan juga dapat dilakukan dengan cara kerja sama simbiosis antara organisme penghasil cahaya yang "dipelihara" dalam organ cahaya yang dimiliki oleh organisme inangnya. Bioluminesen adalah suatu emisi "cahaya dingin" yang diproduksi oleh organisme hidup. Panas yang diproduksinya tidak melebihi 20% cahaya yang dihasilkan oleh radiasi termal. Organisme bioluminesen yang umum diketahui adalah kunang-kunang.

Cahaya sebagai hasil proses bioluminesen tentu mempunyai fungsi yang vital bagi organisme penyandangnya. Dengan cahaya itu organisme tersebut dapat menerangi lingkungan sekitarnya yang gelap, menarik mangsa atau lawan jenis, menakuti pemangsa, dan seterusnya. Pada kunang-kunang, misalnya, cahaya yang dihasilkannya baru berguna, contohnya untuk menarik lawan jenis, apabila dipancarkan pada malam hari. Dari ilustrasi ini dapat diciri bahwa kegelapan menjadi syarat utama bagi terjadinya proses bioluminesen. Salah satu ayat yang berbicara mengenai cahaya dan kegelapan, khususnya di laut dalam, adalah firman Allah,

اَوْ كَظُلُمٰتٍ فِيْ بَحْرٍ لُّجِّيٍّ يَّغْشٰىهُ مَوْجٌ مِّنْ فَوْقِهٖ مَوْجٌ مِّنْ فَوْقِهٖ سَحَابٌۗ ظُلُمٰتٌۢ بَعْضُهَا فَوْقَ بَعْضٍۗ اِذَآ اَخْرَجَ يَدَهٗ لَمْ يَكَدْ يَرٰىهَاۗ وَمَنْ لَّمْ يَجْعَلِ اللّٰهُ لَهٗ نُوْرًا فَمَا لَهٗ مِنْ نُّوْرٍ ࣖ ٤٠

Atau (keadaan orang-orang kafir) seperti gelap gulita di lautan yang dalam, yang diliputi oleh gelombang demi gelombang, di atasnya ada (lagi) awan gelap. Itulah gelap gulita yang berlapis-lapis. Apabila dia mengeluarkan tangannya hampir tidak dapat melihatnya. Barang siapa tidak diberi cahaya (petunjuk) oleh Allah, maka dia tidak mempunyai cahaya sedikit pun. (an-Nūr/24: 40)

Ayat ini dapat dipahami sebagai suatu perumpamaan kondisi orang-

orang yang ingkar. Ia menjalani seluruh kehidupannya dalam keadaan tidak peduli, serupa orang yang berada dalam kegelapan mutlak, di mana tidak ada cahaya kebenaran yang dapat mencapainya.

Namun, ayat ini dapat pula diinterpretasikan ke dalam keadaan sebenarnya. Penjelasan berikut ini mencoba menggambarkan jenis-jenis hewan yang hidup di kawasan yang amat sangat gelap (*"gelap gulita yang berlapis-lapis"*) sepanjang masa dan menggunakan cahaya yang dihasilkan (bioluminesen) atas izin-Nya untuk menjalani kehidupannya sebagai makhluk Allah. Sebagaimana dijelaskan, cahaya yang dihasilkan oleh proses bioluminesen harus berkaitan dengan kegelapan. Salah satu tempat di Bumi yang mengalami kegelapan sepanjang waktu adalah laut dalam. Apabila di tempat demikian ada penghuni, tentu Allah akan memberinya petunjuk yang memungkinkannya menjalani hidup di sana.

1. Habitat Hewan Bioluminesen

Kebanyakan organisme bioluminesen ditemukan hidup di lautan, terutama organisme yang masuk dalam kelompok plankton (termasuk bakteri), krustasea (udang-udangan), cepalopoda (cumi-cumi dan gurita), ubur-ubur, cacing laut, dan ikan. Beberapa jenis organisme bioluminesen ditemukan hidup di daratan, seperti kunang-kunang, jenis-jenis cendawan, lalat, kumbang, kaki seribu, keong darat, cacing, dan kelabang. Sangat sedikit organisme bioluminesen yang hidup di air tawar. Hanya beberapa jenis keong air tawar dan larva serangga yang ditemukan sebagai bioluminesen di kawasan ini.

Perbedaan yang sangat jauh antara jumlah organisme berluminasi yang hidup di laut dengan mereka yang hidup di darat belum sepenuhnya diketahui sebabnya. Namun, tampaknya kondisi ekologis di lautan memberi ruang yang lebih luas bagi terbentuknya organisme bioluminesen, di antaranya:

a) Lingkungan laut sudah terbentuk jauh lebih lama daripada daratan dan perairan tawar. Dengan demikian, kondisinya relatif lebih stabil. Evolusi di lautan berjalan secara menerus dan tidak terputus-putus di habitat yang stabil ini.
b) Dibandingkan kondisi sungai dan danau, air laut jauh lebih jernih sehingga pandangan tidak terganggu. Dengan demikian, sinyal dalam bentuk cahaya lebih efektif bila digunakan di perairan laut.
c) Sebagian besar habitat laut memiliki cahaya yang sangat sedikit, bahkan gelap sepanjang waktu. Hal ini berkaitan dengan kemampuan penetrasi cahaya matahari ke kedalaman laut. Dalam kondisi seperti

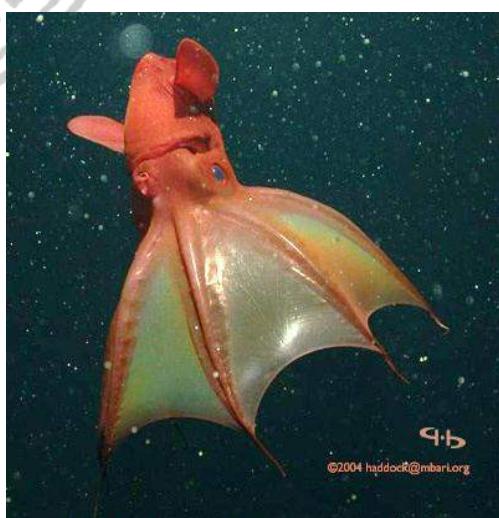
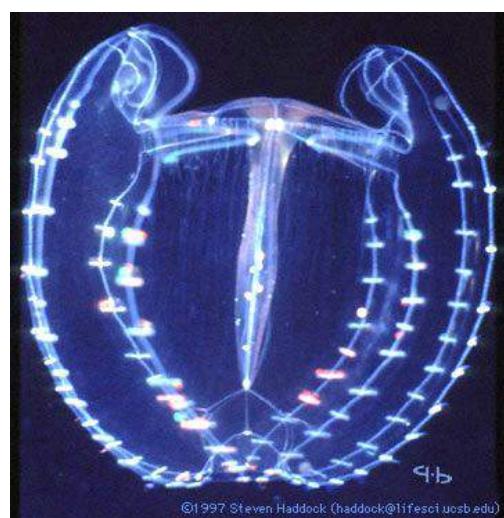
ini, diperlukan cara lain untuk berkomunikasi. Dengan keterbatasan kemampuan melihat dalam kegelapan, kehadiran cahaya dapat menjadi solusi.

d) Secara ekologis habitat laut sudah sangat stabil, sehingga interaksi antara sekian banyak jenis dapat berjalan terus-menerus dan terjadi dalam jangka waktu lama. Evolusi hubungan mangsa-pemangsa-parasit dapat meningkat cepat hingga sampai pada terbentuknya proses bioluminesen. Keadaan demikian tidak dapat terjadi di perairan tawar maupun daratan.

Bioluminesen meningkat secara perlahan menjadi salah satu cara utama untuk berkomunikasi di lautan, khususnya laut dalam yang gelap. Efek yang diakibatkannya sangat besar, antara lain, mengatur terjadinya migrasi harian secara vertikal, memacu interaksi mangsa-pemangsa, dan mengalirkan material melalui jaringan makanan. Di lautan, batas kegelapan air laut dimulai pada kedalaman 200 m dari permukaan air. Cahaya Matahari hampir tidak dapat mencapai kawasan ini. Pada kedalaman 1.000 m, cahaya Matahari sama sekali tidak ditemukan.

Air akan mengubah warna sinar Matahari. Cahaya Matahari semula penuh dengan warna-warna yang beda-beda. Saat masuk ke air laut, air akan menyerap warna-warna hangat seperti merah dan jingga (cahaya dengan panjang gelombang yang panjang) dan memencarkan warna yang lebih dingin (cahaya dengan panjang gelombang yang pendek). Bukan hanya mengubah warna cahaya, air laut juga mengubah intensitasnya (kekuatannya). Di laut terbuka yang jernih, cahaya tampak (spektrum cahaya yang dapat dilihat oleh mata manusia) berkurang 10 kali setiap penambahan kelipatan kedalaman 75 meter. Artinya, pada kedalaman 75 meter, sinar cahaya tinggal 10% dibanding di permukaan; pada kedalaman 150 meter, cahaya tinggal 1% saja; demikian selanjutnya.

Pada umumnya organisme laut yang memiliki kemampuan bioluminesen memiliki pancaran cahaya pada panjang gelombang sekitar 470 nm, yang dimiliki oleh warna biru-hijau. Kadang, emisi dasar yang dihasilkan oleh reaksi luminesen dimodifikasi dengan kehadiran protein fluoresen atau senyawa fluoresen tertentu. Panjang gelombang cahaya hasil luminesen berkaitan erat dengan sistem penglihatan hewan laut lainnya. Sistem penglihatan akan beradaptasi dengan sensitivitas terhadap warna tertentu. Misalnya, pada organisme planktonis kelompok Cnidaria dan Ctenofora, cahaya hasil luminesen akan bergeser ke arah pan-

jang gelombang yang lebih pendek, sejalan dengan kedalaman tempat hidupnya. Keadaan ini juga terjadi pada ikan pemangsanya, yang mengalami perubahan pigmen pada struktur penglihatan agar mampu mendeteksi plankton yang menjadi makanannya.

Pada umumnya, ikan laut mempunyai kemampuan sistem penglihatan pada panjang gelombang warna biru-hijau (berpusat pada angka 470 ηm). Panjang gelombang warna biru (430–490 ηm) dapat terlihat sampai jarak cukup jauh di kawasan perairan. Namun, ada indikasi bahwa mereka juga mampu mendeteksi cahaya dengan panjang gelombang yang lebih panjang yang dimiliki oleh warna lain.

Beberapa jenis cumi-cumi, khususnya cumi vampir *Vampyroteuthis infernalis* (Gambar 3.23) bahkan mampu membedakan berbagai panjang gelombang bioluminesen dengan latar gelap atau sedikit terang. Banyak juga jenis yang memiliki struktur mata gelombang sekaligus, seperti dapat mendeteksi cahaya yang dihasilkan oleh hewan khusus, seperti udang renik kopepoda yang memiliki struktur reflektor untuk memantulkan cahaya pada matanya, sehingga mampu mendeteksi cahaya hasil luminesen atau bangkai hewan yang terinfeksi oleh bakteri luminesen.

Pada plankton Cnidaria (gambar 3.24) dan Ctenofora, spectrum bioluminesen berubah ke panjang gelombang yang lebih pendek saat ia berpindah ke bagian laut yang lebih dalam. Kebanyakan jenis yang hidup di perairan dangkal menggunakan protein luminesen berwarna hijau, dan

Gambar 3.23
Cumi vampir Vampyroteuthis infernalis.
(Sumber: biolum.tumblr.com)

Gambar 3.24
Plankton Cnidaria dan Ctenofora, spektrum bioluminesen. (Sumber: biolum. tumblr.com)

perubahan sangat sedikit terjadi saat mereka hidup di kawasan lebih dalam. Kondisi cahaya yang minim di kedalaman laut akan mempengaruhi fungsi penglihatan semua makhluk laut.

Mata manusia, sebagai contoh, berfungsi dengan baik bila ada cahaya yang terang, seperti siang hari, hingga pada waktu malam saat terdapat banyak bintang di langit. Secara teori, mata manusia hanya dapat digunakan untuk melihat pada kedalaman laut beberapa puluh meter, sedangkan mata ikan laut dalam telah dikondisikan untuk dapat berfungsi hingga kedalaman lebih dari 1.000 meter. Struktur mata ikan telah diciptakan untuk memberinya kemampuan adaptasi yang sangat baik, barangkali 10 hingga 100 kali lebih sensitif daripada mata manusia. Pada kedalaman lebih dari 1.000 meter, pada saat penglihatan tidak berfungsi dengan baik, ada cara lain yang dilakukan oleh beberapa jenis organisme untuk mendeteksi emisi cahaya yang diproduksi oleh organisme hidup.

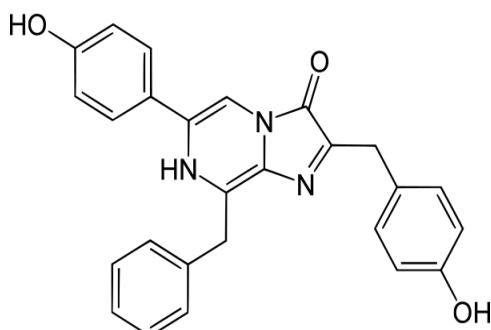
Fenomena bioluminesen menunjukkan bahwa para penghuni laut dalam masih mampu melakukan aktivitas sebagai makhluk hidup lain, meski mereka tinggal di kondisi yang gelap gulita. Mereka dikaruniai kemampuan untuk membuat cahaya secara alamiah. Hal inilah yang dalam Surah an-Nūr/24: 40 digambarkan dengan kalimat, "*Barang siapa tidak diberi cahaya (petunjuk) oleh Allah maka dia tidak mempunyai cahaya sedikit pun.*" Pemahaman terbaliknya, barang siapa diberi cahaya maka ia akan punya cahaya.

Di daratan, kelompok jamur menjadi jenis terbanyak yang dapat berluminasi. Sekitar 70 jenis jamur berluminesen telah tercatat hingga saat ini. Pada jamur, panjang gelombang biru kehijauan yang dipancarkan berkisar pada 529–530 ηm. Dua contoh jamur bioluminesen, yang tumbuh di cabang pohon, dapat dilihat pada Gambar 3.25.

Gambar 3.25
Jamur bioluminesen Panellus stipticus dan serasah Mycena chlorophanos. (Sumber: education.nationalgeographic.com; Mycena chlorophanos-blog.mycology.cornell.edu)

Emisi cahaya berlangsung menerus tanpa jeda. Tidak seperti hewan yang memiliki sel khusus untuk membentuk organ cahaya, pada jamur tidak tampak adanya perbedaan sel yang memancarkan cahaya dari sel yang tidak memancarkan. Cahaya dapat muncul pada mesilium, tubuh cendawan, atau keduanya, dan juga pada spora. Cara kerja yang menghasilkan cahaya terjadi dalam dua tahap. Tahap pertama adalah substrat luciferin yang direduksi oleh enzim reduktase. Pada tahap kedua, luciferin dioksidasi oleh luciferase yang akan melepaskan energi dalam bentuk cahaya biru kehijauan. Di sini diciri bahwa aktivitas metabolisme (misalnya pertumbuhan jamur) berkaitan erat dengan status bioluminesen.

2. Mekanisme Proses Bioluminesen

Pada dasarnya, mekanisme untuk menghasilkan cahaya oleh organisme terbagi dalam dua bagian besar. *Pertama*, kemampuan individu jenis untuk menghasilkan cahaya dari reaksi kimia yang terjadi dalam tubuhnya. Kemampuan ini diturunkan dari generasi ke generasi berikutnya. *Kedua*, jenis-jenis yang tidak memiliki kemampuan memproduksi cahaya sendiri menggunakan jasa organisme lain penghasil cahaya. Dalam hal ini, organisme bioluminesen ditempatkan pada bagian tubuh tertentu dari inangnya dan digunakan dalam menunjang keperluan hidupnya. Hubungan antara kedua organisme ini dilakukan dengan cara simbiosis.

a) Bioluminesen non-simbiosis

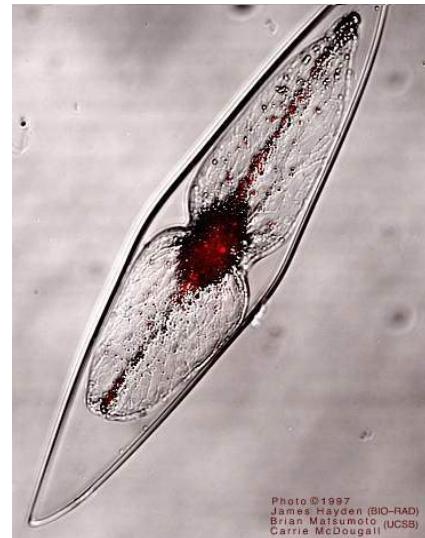
Pada hewan yang mampu memproduksi cahaya sendiri, cahaya diperoleh dari kombinasi dua senyawa: luciferin dan luciferase. Luciferin merupakan substrat penghasil cahaya, sedangkan luciferase adalah suatu enzim yang mengkatalisasi reaksi kimia yang terbentuk. Dalam beberapa kasus, luciferin dapat berada dalam bentuk protein, yang dikenal dengan fotoprotein (*photoprotein*). Proses pencahayaan di sini memerlukan ion pemicu untuk mengaktifkan reaksi kimianya.

Tergantung pada jenis organisme, proses bioluminesen kadangkala memerlukan kehadiran senyawa lain, seperti oksigen atau *adenosine triphosphate* (ATP). ATP adalah suatu molekul yang mengandung dan mentransfer energi pada makhluk hidup, termasuk dalam tubuh manusia. Reaksi luciferin-luciferase dapat pula menghasilkan hasil sampingan berupa oksiluciferin dan air. Luciferin adalah nama umum untuk senyawa yang mampu mengemisi cahaya dan ditemukan dalam tubuh suatu organisme yang mampu menghasilkan bioluminesen. Luciferin adalah substrat yang terdiri atas molekul kecil yang akan teroksidasi oleh adanya enzim

lusiferase dan menghasilkan oksiluciferin dan energi dalam bentuk cahaya.

Belum diketahui berapa banyak tipe luciferin pada hewan atau jamur bioluminesen di Bumi. Beberapa yang telah cukup diketahui adalah luciferin pada kunang-kunang; luciferin pada keong (yang disebut latia luciferin); luciferin pada bakteri (yang kemudian banyak dipelihara pada organ cahaya yang dimiliki oleh beberapa jenis cumi-cumi, gurita, dan ikan); luciferin yang mirip klorofil dan terdapat pada plankton dinoflagelata; serta luciferin bernama vargulin yang ditemukan pada udang renik ostrakoda dan ikan laut dalam. Luciferin dapat bersifat khas untuk satu kelompok organisme bioluminesen dan dapat pula dipunyai oleh banyak kelompok hewan sekaligus. Salah satu luciferin yang dimiliki oleh banyak kelompok hewan adalah *coelenterazine*.

Gambar 3.26
Struktur kimia Coelenterazine.
(Sumber: en.wikipedia.org)

Coelenterazine ditemukan pada beberapa kelompok plankton, cumi-cumi, gurita, cacing khaetognat, ikan, dan udang. Unsur utamanya adalah protein aequorin dan bertanggung jawab menghasilkan emisi warna biru. Struktur kimianya dapat dilihat pada Gambar 3.26.

Molekul luciferin dapat ditemukan pada banyak jenis hewan, baik yang dapat menghasilkan emisi cahaya maupun yang tidak. Sepanjang jenis tersebut memiliki kemampuan memproduksi enzim luciferase atau fotoprotein, maka dengan kehadiran luciferin, hewan itu dapat memproduksi emisi cahaya.

Cahaya yang dihasilkan kunang-kunang adalah contohnya. Komponen senyawa biokimia utama yang berperan dalam pemancaran sinar pada kunang-kunang adalah luciferin, suatu senyawa kompleks asam karboksilat. Reaksi difasilitasi oleh luciferase, suatu enzim oksidasi. Proses pembentukan cahaya diawali dengan pengaktifan luciferin melalui reaksi enzimatik oleh ATP (*adenosine triphosphat*) penghasil lusiferil adenilat. Senyawa ini kemudian bereaksi dengan oksigen dan dikatalisis oleh enzim luciferase menyebabkan reaksi dekarboksilasi oksidasi luciferin menghasilkan oksiluciferin. Reaksi ini, dengan tahapan-tahapan antaranya, diikuti dengan pelepasan

cahaya. Warna sinar yang dipancarkan sangat unik untuk tiap jenis kunang-kunang dan tergantung pada struktur luciferase. Luciferin selanjutnya dibentuk kembali dari oksiluciferin.

Di alam, ada indikasi substrat luciferin dapat dipindahkan dari satu individu ke individu lain, terutama dalam hubungan mangsa-pemangsa. Contohnya adalah kehadiran tipe luciferin pada rantai makanan plankton dinoflagelata-zooplankton-udang krill (Gambar 3.27). Struktur luciferin yang diproduksi oleh dinoflagelata adalah tetrapyrrole, molekul yang mirip dengan klorofil. Molekul ini bahkan dipercaya berfungsi bergantian, melakukan proses fotosintesis pada siang dan luminesen pada malam hari. Struktur luciferin pada dinoflagelata sama dengan yang ditemukan pada udang renik krill, pemangsanya. Ada indikasi kehadiran tipe luciferin yang sama pada dinoflagelata dan krill ini berkaitan dengan jaringan makanan, namun bisa saja karena sebab lain.

Proses bioluminesen pada banyak jenis diatur oleh saraf. Pada dinoflagelata proses itu terkait dengan migrasi vertical harian, di mana lusiferin teroksidasi sejalan dengan siklus siang-malam. Bioluminesen sangat efektif bagi invertebrata untuk berkomunikasi dengan organisme lain yang lebih besar dan dalam jarak yang jauh. Tergantung pada kondisi, pancaran cahaya bioluminesen dapat dilihat dari jarak beberapa puluh hingga beberapa ratus meter.

Gambar 3.27
Plankton Dinoflagelata (Pyrocystis fusiformis).
(Sumber: biolum.tumblr.com)

Satu sel dinoflagellata berukuran 0,5 mm dapat memberi sinyal cahaya pada ikan besar yang berjarak 5 meter. Indikasi bahwa luciferin mangsa dapat ditularkan pada pemangsanya juga ditemukan pada hubungan mangsa-pemangsa antara krustasea renik ostracoda *Cypridina* (Gambar 3.28) dan jenis-jenis ikan pemangsanya, *Pempheris* dan *Paraprianthus*.

Pada dasarnya, luciferin dapat merupakan molekul yang diturunkan atau ditularkan. Organisme yang memiliki kemampuan berluminesen sendiri akan memiliki gen yang menjadikannya mampu memprodusi enzim luciferase

Gambar 3.28
Sekelompok Ostracoda jenis Cypridina hilgendorfii. (Sumber: biolum.tumblr.com)

dan molekul luciferin. Pada kelompok lain, sebagaimana dicontohkan di atas, luciferin diperoleh dari hasil penularan, misalnya memakan mangsa yang memiliki luciferin tipe tersebut, sedangkan enzim luciferasenya diproduksi sendiri. Dengan demikian, tidak mengherankan bila keberadaan luciferin dapat saja ditemukan pada organisme yang tidak dapat berluminasi. Tidak berfungsinya luciferin untuk menghasilkan cahaya disebabkan ketidakhadiran enzim luciferase pada tubuh hewan itu.

b) Bioluminesen hasil simbiosis

Cara kedua organisme dapat menghasilkan cahaya adalah bersimbiosis, atau bekerja sama, dengan organisme renik bioluminesen, seperti bakteri. Pada organisme laut yang memakan mikroorganisme dengan cara memfilter air (*filter feeder*), apabila mereka bercahaya, sulit untuk menentukan apakah kemampuan ini karena dirinya sendiri atau bersimbiosis dengan mikroorganisme berluminasi yang dimakannya. Banyak senyawa farmasi yang diisolasi dari jenis-jenis karang lunak (*sponge*) dan bryozoa yang bercahaya, yang ternyata cahayanya berasal dari bakteri bioluminesen.

Organisme bioluminesen memproduksi (mensintesis) luciferin sendiri. Dinoflagelata, misalnya, menghasilkan luminasi cahaya hijau-kebiruan. Oganisme lainnya tidak memproduksi luciferin, namun menyerapnya dari organisme lain, bisa dalam bentuk makanan atau dengan kerja sama simbiosis. Ikan pemakan udang, misalnya, akan memperoleh lucifen dari udang yang dimakannya (yang mengandung luciferin). Banyak organisme laut, seperti cumi-cumi, memelihara bakteri bioluminesen dalam organ cahayanya. Kedua organisme ini hidup bersimbiosis. Bakteri bioluminesen hidup pada organ cahaya di tubuh inangnya. Pada organ ini, bakteri akan memproduksi cahaya sepanjang waktu.

Untuk dapat menyalakan atau mematikan cahaya, beberapa hewan me-

miliki mekanisme mematikan cahaya dengan menarik bakteri dan menyimpannya di bagian tubuh lain. Bila hendak menyalakan organ cahaya, hewan tersebut menggiring bakteri ke arah organ cahaya. Jenis lainnya memiliki membran kulit pada organ cahaya, dan berperan sebagaimana kelopak mata. Hewan lain memiliki substansi fluoresen, seperti GFP (*green fluorescent protein*), yang dapat menyesuaikan warna yang dikehendakinya. Substansi fluoresen akan menyerap cahaya biru-hijau yang diproduksi oleh bakteri, dan menampilkannya dalam berbagai warna berbeda.

Hubungan kerja sama yang telah cukup diketahui adalah hubungan antara cumi-cumi bobtail *Euprymna scolotes* (Gambar 3.29) dengan bakteri bioluminesen *Vibrio fischeri*. Bakteri ini ditemukan hidup bebas mengambang di permukaan air laut. Bakteri ini dapat memproduksi cahaya. Uniknya, bakteri hanya mengeluarkan kemampuannya untuk bercahaya bila ada dalam organ cahaya cumi jenis ini.

Sesuai kondisi kamuflase yang diinginkan, cumi-cumi ini dapat menyalakan dan mematikan cahaya. Bahkan, kekuatan cahayanya pun dapat diaturnya. Kerja sama ini saling menguntungkan. Cumi-cumi akan memperoleh cahaya yang tepat untuk dapat menghilangkan diri dari pandangan mangsanya, yaitu udang renik. Di sisi lain, bakteri bioluminesen memperoleh tempat tinggal yang aman dan makanan yang cukup. Bagaimana cumi-cumi bobtail dapat mengenali dan memilih bakteri mana yang akan diajak bekerja sama? Berdasarkan penelitian ditemukan bahwa sedikitnya ada empat jenis bakteri yang banyak bekerja sama dengan jenis-jenis ikan dan cumi-cumi, yaitu *Vibrio fisheri, Vibrio logei, Photobacterium leiognathi,* dan *Photobacterium phosphoreum.*

Gambar 3.29
Hubungan antara cumi-cumi bobtail dan bakteri Vibrio fisheti.
(Sumber: newswatch.nationalgeographic.com)

Penelitian memperlihatkan bahwa keberadaan bakteri di tubuh cumi-cumi harus diinfesikan sendiri oleh setiap anakan cumi-cumi. Anakan cumi-cumi berumur 24 jam sudah dapat memproduksi cahaya.

Struktur fisik dan kimia dalam organ cahaya cumi-cumi bobtail dirancang khusus untuk tempat hidup *Vibrio fisheri* saja, tidak yang lain. Bakteri dikeluarkan dari dan dimasukkan ke tubuh cumi-cumi secara teratur, umumnya dilakukan pada pagi hari. Mekanisme ini barangkali merupakan cara alam memperbaiki mutu *strain* bakteri baru yang lebih baik pencahayaannya.

Gambar 3.30
Plankton bioluiminesen mengeluarkan emisi cahaya di pantai. (Sumber: homeforswap.com)

Pada jenis cumi-cumi lain dari marga *Sepiola* ditemukan dua jenis bakteri *Vibrio* (*V. fisheri* dan *V. logei*) hidup bersama dalam organ cahayanya. Pada ikan, paling tidak ada tiga bakteri bioluminesen yang bersimbiosis, yaitu *Vibrio fischeri*, *Photobacterium leiognathi,* dan *P. phosphoreum.* Ikan menempatkan cukup banyak bakteri bioluminesen pada organ cahayanya sehingga organ tetap bercahaya. Di sini ada juga peran luciferin dalam mendorong bakteri terus menyalakan cahayanya.

Sebagaimana cumi, ikan juga memerlukan suplai bakteri bioluminesen yang kontinu dari perairan sekitar ke organ cahayanya. Pengamatan menemukan bahwa anakan ikan *Leiognathus nuchalis* tidak mengandung bakteri luminesen pada saat menetas. Bakteri ditularkan dari ikan dewasanya, sehingga apabila anakan ikan dipisah dari ikan dewasa di sekitarnya, maka sampai besar pun tidak ada kandungan bakteri luminesen dalam tubuhnya. Kandungan luminesen mulai berfungsi 48 jam setelah anakan menetas, bila tetap disatukan dengan ikan dewasa.

3. Fungsi Bioluminesen

Bioluminesen diketahui memiliki beberapa peran yang membantu perikehidupan hewan yang memilikinya. Hewan dengan kemampuan menghasilkan emisi cahaya umumnya hidup di lautan, baik di permukaan, laut dangkal, maupun laut dalam. Pada musim-musim tertentu, jenis-jenis yang hidup di laut dangkal, terutama jenis-jenis plankton bioluminesen, memberi tontonan yang spektakuler. Pertunjukan

cahaya di permukaan laut merupakan hal yang sangat indah (Gambar 3.30).

Muncul dugaan bahwa cahaya yang dihasilkan oleh bakteri laut berasal dari bahan buangan reaksi oksidasi di tubuhnya. Luciferin kadang memiliki kandungan antioksidan yang dapat menghilangkan radikal bebas, dan menguntungkan sel. Dalam keadaan demikian, kehadiran senyawa lusiferin dapat menguntungkan organisme, sebelum fungsi bakteri berubah dengan kemampuannya menghasilkan cahaya. Bakteri ini tumbuh dengan baik pada saluran pencernaan ikan. Dengan demikian, cahaya pada bakteri adalah daya tariknya untuk dimangsa oleh ikan dan hidup sejahtera di saluran makanan ikan.

a) Kamuflase

Gambar 3.31
Jenis cumi-cumi dengan bakteri bioluminesen menyamarkan diri dengan cara kontrailuminasi (counterillumination).
(Sumber: homeforswap.com)

Pada banyak jenis penghuni laut dalam, termasuk beberapa jenis cumi, bakteri bioluminesen digunakan untuk menyamarkan diri dengan metode kontrailuminasi (*counterillumination*). Ia menyamarkan cahaya tubuhnya dengan cahaya yang berada di bagian atasnya bila dilihat dari bawah. Pada hewan ini, fotoreseptor mengontrol cahaya iluminasi agar sesuai dengan terangnya cahaya di latar belakang. Organ penghasil cahaya umumnya terpisah dari otot yang ditinggali bakteri bioluminesen. Akan tetapi, pada jenis *Euprymna scolopes* atau cumi-cumi bobtail, bakteri luminesen merupakan bagian integral dari alat penghasil cahaya.

Dalam memproduksi cahaya, cumi-cumi bobtail tidak berdiri sendiri. Ia bekerja sama dengan *Vibrio fischeri* yang menghuni organ penghasil cahaya pada cumi ini. Sebagai penukar tempat tinggal dan makanan yang berupa gula dan asam amino yang disediakan oleh inangnya, bakteri melindungi cumi-cumi tersebut dari pemangsa dengan kamuflase lingkaran-lingkaran cahaya biru di seluruh tubuh inangnya. Sebaran cahaya biru ini menghilangkan bentuk tubuh cumi bobtail dan menyatu dengan latar belakangnya.

b) Mimikri

Cahaya yang dihasilkan dari proses bioluminesen dapat digunakan untuk memancing mangsa agar mendekat,

seperti yang dilakukan oleh ikan pemancing atau *anglerfish* jenis *Melanocoetus johnsoni* (Gambar 3.32).

Gambar 3.32
Ikan pemancing atau anglerfish jenis Melanocoetus johnsoni.
(Sumber: nat.geo.com)

Hewan yang hidup di laut dalam ini dilengkapi organ tambahan unik yang berfungsi menunjang kelangsungan hidupnya. Ikan ini tinggal diperairan bersuhu antara 3–10 °C dengan kondisi gelap permanen. Cahaya pada bagian ujung antenanya berfungsi menarik perhatian mangsanya dan menerangi kawasan sekitarnya. Cahayanya dapat diatur untuk berkedip, sehingga ikan-ikan kecil maupun mangsa yang lain tertarik untuk mendekat. Ikan pemancing tidak banyak melakukan gerakan, bahkan cenderung pasif. Tentunya, tujuan utamanya adalah menghemat energi karena persediaan makanan di lingkungan ini sangat sedikit.

Antena yang bercahaya hanya terdapat pada ikan betina yang berukuran lebih besar (panjang sekitar 8 cm) daripada ikan jantan (panjang hanya sekitar 3 cm). Dengan demikian, cahaya juga berperan menarik lawan jenis untuk mendekat. Demi keamanan dalam meneruskan keturunan di tempat yang gelap, ikan jantan menempelkan organ perekatnya pada bagian sirip ikan betina. Selain mendapat tumpangan, ikan jantan juga mendapat jaminan makanan dari betinanya.

Penggunaan bioluminesen untuk memancing mangsa juga dilakukan oleh cumi *Chiroteuthis*. Jenis ini memiliki kantung bercahaya di ujung tentakelnya dan berfungsi seperti pancing. Pada gurita *Stauroteuthis* (Gambar 3.33), cahaya yang keluar dari alat isap pada tentakelnya digunakan untuk menarik plankton yang jadi makanannya.

Sejenis ikan hiu (*cookiecutter shark*) juga memiliki cara sendiri untuk memperoleh makanan. Ikan ini menghasilkan cahaya di bagian bawah tubuhnya, kecuali beberapa bercak hitam di ba-

Gambar 3.33
Cumi pemancing atau jenis Chiroteuthis.
(Sumber: biolum.tumblr.com)

gian sirip dadanya. Hal ini akan menampakkan suatu gambaran ikan kecil. Gambaran demikian akan menarik ikan pemangsa yang berenang di bawah ikan hiu ini. Saat ikan pemangsa tersebut terpancing mendekat, mereka akan dimangsa oleh ikan hiu tersebut.

Beberapa mamalia laut juga menggunakan bioluminesen dalam menangkap mangsa. Di antaranya ikan paus sperma yang memangsa cumi-cumi raksasa di laut dalam. Untuk meningkatkan rasio kesuksesan berburu, mereka menampakkan bioluminesen di sekitar pinggiran mulutnya saat menyelam ke kegelapan laut. Cahaya ini akan menarik cumi-cumi raksasa mendekat, untuk kemudian dimangsa. Bioluminesen paus sperma baru aktif saat mereka berada di kedalaman laut tertentu.

Gambar 3.34
Kecoa asal Afrika Selatan (Lucihormetica luckae).
(Sumber: biolum.tumblr.com)

Cara demikian juga dijumpai di darat, namun untuk tujuan berbeda. Kecoa asal Afrika Selatan, *Lucihormetica luckae* (Gambar 3.34), misalnya menggunakan bioluminesen agar dapat menyerupai kumbang *Pyrophorus* yang beracun. Dengan cara ini mereka dapat terhindar dari pemangsaan.

Dari pengamatan, beberapa organisme bioluminesen memancarkan cahaya saat terganggu secara fisik. Secara alami, pengaturan pemakaian cahaya dikontrol oleh mekanisme kimiawi dan saraf. Hewan dapat mengatur fotofore untuk menyala dan padam, demikian juga intensitas terang dan redupnya serta distribusi cahaya di organnya. Mekanismenya kadang melibatkan ion kalsium dan standar neurotransmitter lainnya. Keadaan demikian dapat terjadi pada plankton dinoflagelata. Kelompok plankton dinoflagelata diduga akan mengeluarkan cahaya bila merasa terganggu oleh udang pemangsanya. Dengan terangnya kawasan yang terganggu itu, udang pemangsa itu akan tampak jelas oleh pemangsa lain yang lebih tinggi tingkatnya. Dengan demikian, alih-alih memakan plankton, udang akan sibuk melarikan diri.

c) Menarik Lawan Jenis

Sinyal kedipan cahaya pada kunang-kunang digunakan untuk menarik lawan jenis pada ritual kawinnya. Di lingkungan laut, hal sama dikenal pada banyak jenis, di antaranya kelompok

Gambar 3.35
Udang renik Ostrakoda (jenis Conchoesia).
(Sumber: biolum.tumblr.com)

udang renik ostrakoda, seperti jenis *Conchoecia* (Gambar 3.35). Feromon (bahan kimia yang dikeluarkan oleh organisme untuk berkomunikasi) digunakan untuk komunikasi jarak jauh.

Namun, cahaya yang dihasilkan proses bioluminesen digunakan untuk komunikasi kawin pada jarak dekat. Keadaan yang mirip ditemui pada beberapa jenis cumi maupun gurita. Pada gurita, organ demikian hanya ditemukan pada hewan betina, misal pada jenis *Eledonella pygmaea* dan *Japetella diaphna* (Gambar 3.36). Di daratan, kunang-kunang juga menggunakan bioluminesen untuk keperluan kawin.

Gambar 3.36
Cumi atau gurita jenis Eledonella pygmaea dan Jetella diaphna. (Sumber: biolum.tumblr.com)

d) Pengalih Perhatian

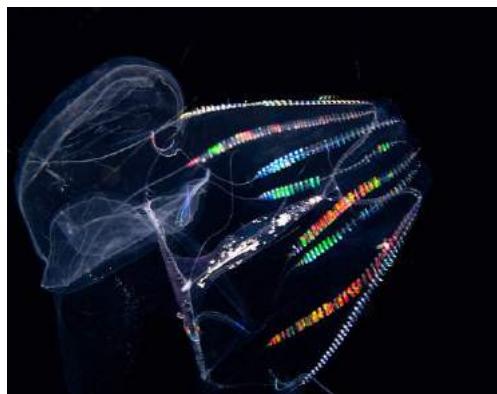
Beberapa jenis udang dan cumi-cumi menggunakan cairan atau sekresi kimia bioluminesen yang menyerupai kabut atau awan dari campuran kimia bioluminesen, atau bakteri bioluminesen, untuk pengalih perhatian atau menutupi dirinya. Hal ini dilakukan sebagaimana cumi menggunakan cairan tinta. Campuran kimia bioluminesen atau bakteri bioluminesen disemprot-

Gambar 3.37
Udang sedang menyemprotkan cairan bioluminesen dan udang yang tersembunyi di antara awan bioluminesen. (Sumber: biolum. tumblr.com; extrememarine.org.uk)

kan dari tubuhnya sehingga pemangsa teralih perhatiannya atau kehilangan orientasi. Pada saat demikian, mangsa melarikan diri mencari keselamatan. Gambar 3.37 memperlihatkan udang sedang menyemprotkan cairan bioluminesen dan udang yang tersembunyi di antara awan bioluminesen.

Perilaku membuat kabut warna ini tidak hanya ditemukan pada udang. Beberapa jenis ikan, cacing laut, ubur-ubur, dan cumi-cumi juga menggunakannya. Pada cumi vampir, alih-alih menghasilkan tinta hitam, mereka justru mengeluarkan kabut cahaya dari ujung-ujung tentakelnya untuk mempertahankan diri.

e) Peringatan

Di daratan, diakui secara umum bahwa warna hewan yang cerah mengiklankan bahwa ia mengandung racun atau tidak enak dimakan. Demikian pula halnya cahaya yang dihasilkan dari proses bioluminesen. Cara ini banyak dilakukan oleh larva kunang-kunang atau larva kelabang. Cara yang sama juga terjadi dalam hubungan mangsa-pemangsa pada organisme laut. Kelompok Cnidaria, seperti *Comb jell* (gambar 3.38), memang tampak sangat lemah, namun sebenarnya sangat beracun.

Gambar 3.38
Organisme laut Cnidaroa, Comb jell.
(Sumber: biolum.tumblr.com)

f) Komunikasi

Komunikasi dengan cahaya banyak dijumpai pada bakteri bioluminesen. Organisme akan mensekresikan molekul dari selnya yang akan merangsang gen untuk memproduksi cahaya. Keadaan demikian hanya terjadi pada kondisi sel plankton yang berlimpah dan berdesakan.

g) Penerangan

Pada umumnya, bioluminesen pada makhluk laut menghasilkan warna warna hijau dan biru, namun ikan *dragonfish* hitam *Pachystomias microdon* (Gambar 3.39) yang hidup di laut dalam memproduksi cahaya merah. Dengan cara penerangan ini ikan dapat melihat mangsa yang memiliki pigmen merah. Cahaya merah tidak ditemukan di laut dalam, karena warna ini sudah disaring oleh kolom air di atasnya. Pencarian mangsa secara visual dengan menggunakan cahaya dari bioluminesen ju-

ga dapat ditemukan pada cumi-cumi *Taningia* atau myctophid *Diaphus*.

Gambar 3.39
Ikan Dragonfish hitam Pachysyomias microdon.
(Sumber: biolum.tumblr.com)

h) *Aposematisme dan Burglar Alarm*

Aposematisme adalah perilaku pengorbanan bagian tubuh untuk mengalihkan perhatian pemangsa. Perilaku demikian misalnya dilakukan oleh cicak yang memutuskan ekornya untuk mengalihkan perhatian pemangsa hanya pada ekor lepas yang bergerak liar, melupakan cicak yang lari menjauh.

Hewan yang memiliki kemampuan luminesen juga melakukan hal serupa dengan mengorbankan organ berluminesennya. Cahaya yang dihasilkannya dapat bertahan hingga beberapa jam. Aposematisme ini secara tidak sengaja mengandung unsur balas dendam. Bila pemangsa adalah hewan bertubuh transparan (kebanyakan hewan laut dalam bertubuh transparan), cahaya dari organ mangsa akan tetap menyala di dalam pencernaan pemangsa, membuatnya tampak jelas oleh makhluk di sekitarnya. Hal ini tentu membahayakan dirinya karena membuatnya mudah dimangsa oleh pemangsa yang lebih tinggi tingkatannya.

Hal yang mirip, namun sedikit berbeda, dijumpai pada hubungan mangsa-pemangsa yang disebut *burglar alarm* (alarm pencuri). Misalnya, plankton dinoflagelata yang bercahaya dimangsa oleh udang mysid yang transparan. Cahaya yang dihasilkan oleh dinoflagelata tidak langsung hilang, walaupun telah masuk ke saluran pencernaan udang. Udang mysid, yang bukan hewan bioluminesen, seakan secara sukarela mengiklankan diri kepada pemangsanya, yakni ikan-ikan pemakan udang, bahwa ia siap dimangsa.

E. PETIR, KILAT, DAN HALILINTAR

Fenomena alam yang lazim disebut petir, kilat, atau halilintar adalah peristiwa yang sangat sering kita saksikan, terutama pada musim hujan. Kilauan cahaya yang menyertainya merupakan wujud dahsyat yang mampu membuat ciut hati orang yang menyaksikannya. Beberapa detik kemudian biasanya terdengar suara guruh yang menggelegar. Tidak jarang, baik anak kecil maupun orang dewasa, merasa takut dan cemas saat menghadapi hal ini.

Prof. Dr. Ir. Tarcicius Haryono, M.Sc dalam pidato pengukuhannya sebagai Guru Besar Ilmu Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada (2013) mengakui bahwa petir dapat menimbulkan bencana langsung atau tidak langsung. Bencana-bencana tersebut dapat berupa cedera atau meninggalnya manusia secara mengerikan, hancurnya bangunan, atau gangguan sistem tenaga listrik. Ia bisa pula menimbulkan kerusakan perangkat alat-alat elektronika, bagian pesawat terbang; membakar tangki-tangki gas atau minyak, membakar hutan, dan lain-lain.

Memperhatikan sifat fisik yang dimilikinya, tidaklah keliru jika dikatakan bahwa petir, kilat, atau halilintar termasuk sumber cahaya. Kekuatan daya listrik yang mampu dilepaskannya sangat besar. Dari studi dan pengamatan terindikasi kekuatan daya yang dilepas oleh satu sambaran petir konon mampu menyalakan sebuah bola lampu 100 watt selama lebih dari 3 bulan. Sebuah sambaran kilat berukuran rata-rata diperkirakan mengandung kekuatan listrik mencapai 20.000 ampere. Di Indonesia, sebagai salah satu negara dengan frekuensi sambaran petir sangat tinggi, kekuatan daya listrik dari petir bisa mencapai 300 K ampere. Namun, hingga saat ini belum banyak penelitian tentang petir secara luas dan mendalam di daerah tropis, khususnya Indonesia.

Meski sudah banyak studi dan kajian tentang sumber cahaya ini, sampai saat ini belum ditemukan cara yang tepat, aman, dan menguntungkan untuk memanfaatkannya. Adalah tantangan bagi sains dan teknologi untuk mengungkapnya. Sesungguhnya Allah telah mengisyaratkan kedahsyatan fenomena alam ini dalam firman-Nya,

هُوَ الَّذِيْ يُرِيْكُمُ الْبَرْقَ خَوْفًا وَّطَمَعًا وَّيُنْشِئُ السَّحَابَ الثِّقَالَۚ ١٢ وَيُسَبِّحُ الرَّعْدُ بِحَمْدِهٖ وَالْمَلٰۤىِٕكَةُ مِنْ خِيْفَتِهٖۚ وَيُرْسِلُ الصَّوَاعِقَ فَيُصِيْبُ بِهَا مَنْ يَّشَاۤءُ وَهُمْ يُجَادِلُوْنَ فِى اللّٰهِۚ وَهُوَ شَدِيْدُ الْمِحَالِۗ ١٣

Dialah yang memperlihatkan kilat kepadamu, yang menimbulkan ketakutan dan harapan, dan Dia menjadikan mendung. Dan guruh bertasbih memuji-Nya, (demikian pula) para malaikat karena takut kepada-Nya, dan Allah melepaskan halilintar, lalu menimpakannya kepada siapa yang Dia kehendaki, sementara mereka berbantah-bantahan tentang Allah, dan Dia Mahakeras siksaan-Nya. (ar-Ra‘d/13: 12–13)

Ketakutan dan harapan adalah kata kunci yang perlu direnungkan secara mendalam atas alasan-Nya menghadirkan petir di tengah kehidupan manusia. Berbeda dari Matahari yang menghadirkan kehangatan dan cahaya, petir justru membawa suasana

kurang bersahabat; gelap dan hujan. Wujudnya yang berupa pita panjang bercahaya putih juga menandakan betapa besar kekuatan yang menyertainya. Demikian dahsyat kekuatannya hingga ketika ia menyambar, seketika langit yang gelap menjadi terang benderang.

Gambar 3.40
Petir, sumber energi cahaya.
(Sumber: www.xatakaciencia.com)

Adalah menarik bagaimana pelepasan energi yang begitu besar terjadi melalui tahapan rentetan kejadian alami; dimulai dari kilauan cahaya, diikuti terpaan panas, lalu bunyi yang menggelegar. Udara yang terbelah akibat sambaran kilat berkecepatan 150.000 km/detik ini menimbulkan suara guruh yang menggelegar. Itulah peristiwa alami yang terjadi akibat proses perpindahan muatan listrik negatif atau elektron menuju ke muatan listrik positif atau proton. Menurut batasan ilmu fisika, petir merupakan lompatan bunga api raksasa antara dua massa dengan medan listrik berbeda. Dalam ayat yang lain Allah berfirman,

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللّٰهَ يُزْجِيْ سَحَابًا ثُمَّ يُؤَلِّفُ بَيْنَهٗ ثُمَّ يَجْعَلُهٗ رُكَامًا فَتَرَى الْوَدْقَ يَخْرُجُ مِنْ خِلٰلِهٖۚ وَيُنَزِّلُ مِنَ السَّمَاۤءِ مِنْ جِبَالٍ فِيْهَا مِنْۢ بَرَدٍ فَيُصِيْبُ بِهٖ مَنْ يَّشَاۤءُ وَيَصْرِفُهٗ عَنْ مَّنْ يَّشَاۤءُۗ يَكَادُ سَنَا بَرْقِهٖ يَذْهَبُ بِالْاَبْصَارِۗ ٤٣

Tidakkah engkau melihat bahwa Allah menjadikan awan bergerak perlahan, kemudian mengumpulkannya, lalu Dia menjadikannya bertumpuk-tumpuk, lalu engkau lihat hujan keluar dari celah-celahnya dan Dia (juga) menurunkan (butiran-butiran) es dari langit, (yaitu) dari (gumpalan-gumpalan awan seperti) gunung-gunung, maka ditimpakan-Nya (butiran-butiran es) itu kepada siapa yang Dia kehendaki dan dihindarkan-Nya dari siapa yang Dia kehendaki. Kilauan kilatnya hampir-hampir menghilangkan penglihatan. (an-Nūr/24: 43)

Apa yang diisyaratkan oleh ayat di atas sudah sering kita saksikan. Awan mendung berarak, bermula dari yang kecil kemudian menyatu menjadi kumpulan yang besar, konon berisi unsur-unsur pembentuk butiran hujan yang kaya akan zat hara penyubur bumi.

Disertai kilauan kilat, hujan turun menyirami Bumi, membuat tanaman di Bumi tumbuh subur dan menghasilkan. Semua hasilnya diperuntukkan bagi kehidupan dan kesejahteran manusia. Dengan demikian, dugaan bahwa petir ikut andil dalam menghasilkan molekul nitrogen yang dibutuhkan oleh tumbuh-tumbuhan benar adanya. Tidak mungkinkah peristiwa ini menjadi bagian yang sangat diharapkan terjadi di balik rahasia kedahsyatan turunnya petir, kilat, atau halilintar yang menakutkan? []

BAB IV
CAHAYA MATAHARI

Matahari adalah bintang terdekat dari Bumi. Matahari atau dalam bahasa Arab disebut *asy-syams* dikenal juga sebagai sumber cahaya alami yang mempunyai fungsi sangat vital bagi kehidupan di Bumi. Bola api raksasa dengan energi pancaran cahayanya telah membuat Bumi tetap hangat, udara dan air di Bumi bersirkulasi, tumbuhan berfotosintesis, dan manfaat lainnya sebagai sumber energi. Energi yang terkandung dalam batu bara dan minyak bumi bahkan sebenarnya juga berasal dari Matahari. Tanpa Matahari, sulit dibayangkan bagaimana kondisi kehidupan di Bumi.

A. CAHAYA MATAHARI MENURUT AL-QUR'AN

Sumber cahaya alami di sistem tata surya adalah Matahari. Allah berfirman,

تَبٰرَكَ الَّذِيْ جَعَلَ فِى السَّمَاۤءِ بُرُوْجًا وَّجَعَلَ فِيْهَا سِرَاجًا وَّقَمَرًا مُّنِيْرًا ٦١

Mahasuci Allah yang menjadikan di langit gugusan bintang-bintang dan Dia juga menjadikan padanya Matahari dan Bulan yang bersinar. (al-Furqān/25: 61)

هُوَ الَّذِيْ جَعَلَ الشَّمْسَ ضِيَاۤءً وَّالْقَمَرَ نُوْرًا وَّقَدَّرَهٗ مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوْا عَدَدَ السِّنِيْنَ وَالْحِسَابَۗ مَا خَلَقَ اللّٰهُ ذٰلِكَ اِلَّا بِالْحَقِّۗ يُفَصِّلُ الْاٰيٰتِ لِقَوْمٍ يَّعْلَمُوْنَ ٥

Dialah yang menjadikan Matahari bersinar dan Bulan bercahaya, dan Dialah yang menetapkan tempat-tempat orbitnya, agar kamu mengetahui bilangan tahun, dan perhitungan (waktu). Allah tidak menciptakan demikian itu melainkan dengan benar. Dia menjelaskan tanda-tanda (kebesaran-Nya) kepada orang-orang yang mengetahui. (Yūnus/10: 5)

Dua ayat di atas, selain Surah Nūḥ/71: 16 yang dibahas sebelumnya, menjelaskan bahwa Allah-lah yang menciptakan Matahari sebagai sumber cahaya. Dengan cahaya tersebut, Matahari menerangi dan menghangatkan Bumi. Dengan izin dan ketetapan-Nya cahaya Matahari berkontribusi dalam proses asimilasi dedaunan sebagai bagian dari mata rantai pengadaan bahan makanan bagi kehidupan makhluk di Bumi. Dengan cahaya dan panas Matahari pula Allah menciptakan angin dan hujan, yang dengan hujan itu Dia menjamin ketersedian air untuk kebutuhan hidup manusia, hewan dan tanaman. Yang menarik untuk diketahui ialah dari mana asal energi Matahari yang sejak jutaan tahun lalu terus bersinar seolah tak akan pernah berhenti.

B. PERAN DAN MANFAAT SINAR MATAHARI BAGI KEHIDUPAN BERKELANJUTAN

Cahaya Matahari yang sampai ke Bumi mempunyai banyak manfaat bagi kehidupan, di antaranya:

1. Fotosintesis

Fotosintesis adalah proses biokimia pembentukan karbohidrat yang dilakukan oleh tumbuhan, terutama yang mengandung pigmen hijau daun atau klorofil (*chlorophyll*). Proses ini digunakan untuk mengkonversi energi sinar matahari menjadi energi kimiawi dan menyimpannya dalam bentuk glukosa. Tumbuhan hanya memerlukan energi sinar matahari, gas karbondioksida (CO_2), dan air (H_2O) untuk membuat gula, oksigen, dan air. Proses fotosintesis berlangsung di dalam kloroplas (*chloroplast*) dengan menggunakan berbagai pigmen, terutama klorofil.

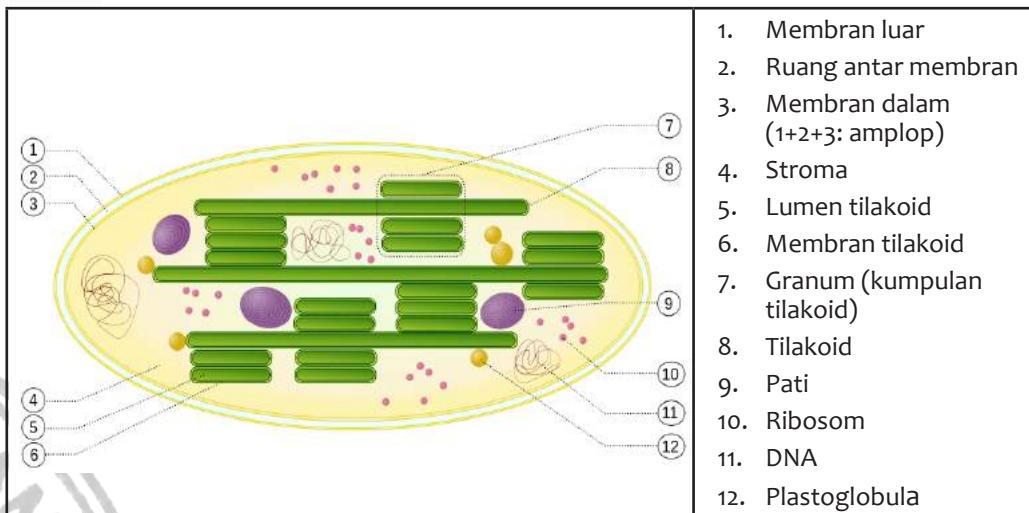
Sel kloroplas adalah satu-satunya "pabrik hijau" di Bumi yang dapat mengubah dan menyimpan energi Matahari ke dalam bentuk bahan organik. Proses fotosintesis dalam sel kloroplas sangat penting karena menghasilkan sumber energi bagi semua kehidupan di Bumi, termasuk sumber karbon bagi semua senyawa organik dalam tubuh organisme hidup. Di samping itu, proses ini menjaga oksigen di atmosfer pada tingkat normal. Tingkat penyerapan energi pada proses fotosintesis sangat tinggi, sekitar 100 terawatt, setara enam kali konsumsi energi yang diperlukan dalam peradaban manusia. Fotosintesis mengubah 100–115 petagram karbon menjadi biomassa dalam setiap tahun.

"Pabrik hijau" atau kloroplas dalam Al-Qur'an disebut a*l-khaḍir* (diterjemahkan ke bahasa Inggris menjadi *green substance*). Kehadiran organ ini dinyatakan dengan tegas pada ayat berikut.

وَهُوَ الَّذِيْٓ اَنْزَلَ مِنَ السَّمَاۤءِ مَاۤءًۚ فَاَخْرَجْنَا بِهٖ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَاَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا نُّخْرِجُ مِنْهُ حَبًّا مُّتَرَاكِبًاۚ وَمِنَ النَّخْلِ مِنْ طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَّجَنّٰتٍ مِّنْ اَعْنَابٍ وَّالزَّيْتُوْنَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا وَّغَيْرَ مُتَشَابِهٍۗ اُنْظُرُوْٓا اِلٰى ثَمَرِهٖٓ اِذَآ اَثْمَرَ وَيَنْعِهٖۗ اِنَّ فِيْ ذٰلِكُمْ لَاٰيٰتٍ لِّقَوْمٍ يُّؤْمِنُوْنَ ٩٩

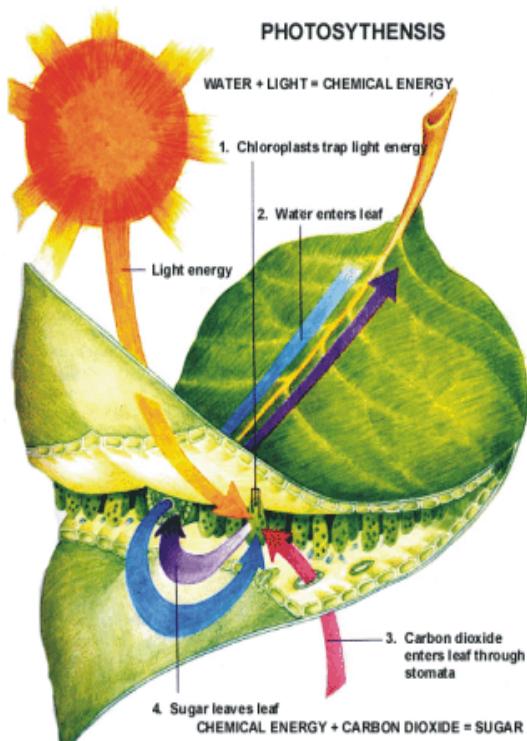
Dan Dialah yang menurunkan air dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan, maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau, Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang kurma, mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (Kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah buahnya pada waktu berbuah, dan menjadi masak. Sungguh, pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman. (al-An'ām/6: 99)

Sebagian terjemahan bahasa Inggrisnya adalah, *"It is He who sends down water (rain) from the sky. With it We produce vegetation of all kinds from which (water or plants) We produce green substance (khaḍir), out of which We produce grain in clusters..."*

Dengan menyebut "*green substance*" yang dikaitkan dengan produksi tumbuhan, akan lebih mudah mengaitkan ayat ini dengan "pabrik hijau" yang menghasilkan biji-bijian, buah, dan berbagai bagian tumbuhan. Pemilihan kata ini dalam Al-Qur'an (dalam hal ini *green substance* atau substansi berwarna hijau) tidak dengan gamblang dipahami maksudnya hingga adanya temuan tentang fotosintesis oleh para ahli sekitar tahun 1600-an.

a) Organ yang terlibat Fotosintesis

Kloroplas merupakan organ sentral yang berperan dalam proses fotosintesis. Struktur kloroplas dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Di dalam stroma juga terdapat lamela-lamela yang bertumpuk-tumpuk membentuk grana (kumpulan granum). Granum sendiri terdiri atas membran tilakoid yang merupakan tempat terjadinya reaksi terang dan ruang tilakoid yang merupakan ruang di antara membran tilakoid. Bila sebuah granum disayat, akan dijumpai beberapa komponen seperti protein, klorofil a, klorofil b, karetonoid, dan lipid.

Secara keseluruhan, stroma berisi protein, enzim, DNA, RNA, gula fosfat, ribosom, vitamin-vitamin, dan ion-ion logam seperti mangan (Mn), besi (Fe), serta tembaga (Cu). Pigmen

Gambar 4.1
Struktur kloroplas. (Sumber: en.wikibooks.org)

fotosintetik terdapat pada membran tilakoid, sedangkan pengubahan energi cahaya menjadi energi kimia berlangsung dalam tilakoid dengan produk akhir berupa glukosa yang dibentuk di dalam stroma. Klorofil sendiri sebenarnya hanya sebagian dari perangkat dalam fotosintesis yang dikenal sebagai fotosistem.

Kloroplas adalah salah satu bentuk tipe sel plastid yang terlibat dalam kegiatan penyimpanan energi dan proses sintesa material metabolik. Sel plastid lainnya yang terlibat sintesa material metabolik adalah sel lekoplas (*leucoplast*). Sel yang tidak berwarna ini memiliki peran untuk mensintesa tepung, minyak dan protein. Sedang sel kromoplas yang berwarna kuning sampai merah memproduksi karoten. Sel klorofil yang berwarna hijau mampu menyerap energi cahaya yang diperlukan dalam proses fotosintesis. Namun, aktivitas utama fotosintesis terjadi di bagian daun. Kepadatan sel kloroplas di daun sekitar setengah juta sel per millimeter persegi (500.000 sel/mm2).

Pada tumbuhan, fotosintesis pada umumnya berlangsung di daun. Di tempat inilah tumbuhan dapat memperoleh bahan untuk melangsungkan fotosintesis dengan mudah. Karbondioksida dan oksigen keluar masuk daun melalui lubang pori-pori bernama stomata. Air dialirkan dari akar ke daun melalui sistem vascular. Pigmen klorofil yang berada dalam kloropas yang ada dalam sel daun menyerap sinar Matahari. Fotosintesis dapat pula berlangsung di bagian tumbuhan lainnya yang berwarna hijau, seperti ran-

Gambar 4.2
Proses fotosintesis.
(Sumber: www.cleanplantshappyplants.com)

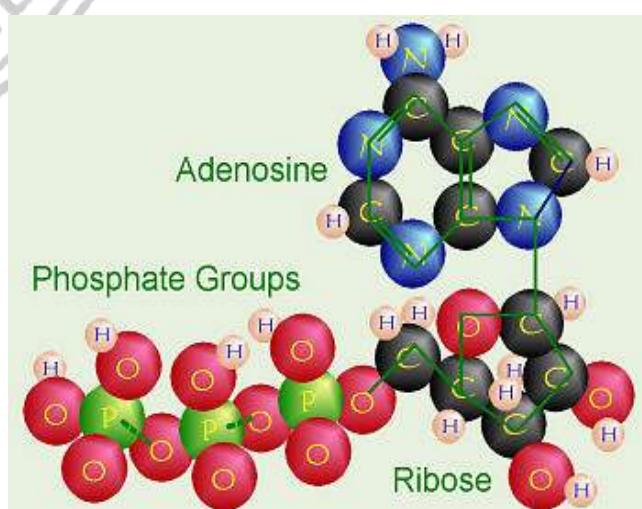
ting atau buah yang belum matang. Pada bagian tumbuhan yang berwarna hijau dipastikan memiliki kloroplas.

Pada daun pun, tidak seluruh bagiannya terlibat dalam proses ini. Lapisan luar daun, bernama epidermis (yang terdiri atas dua lapisan), tidak memiliki kloroplas sehingga tidak ikut dalam proses fotosintesis. Fungsi utamanya adalah melindungi organ di bawahnya. Bagian yang digunakan dalam pertukaran gas (utamanya oksigen dan karbondioksida) pada daun adalah stomata, suatu bentukan lubang yang banyak terdapat pada lapisan bagian dalam epidermis. Pada daun juga terdapat saluran-saluran sebagai sistem untuk transportasi air dan nutrisi ke seluruh bagian tumbuhan. Proses fotosintesis berlangsung pada kelompok yang disebut sel mesofil (*mesophyll*) yang mengandung kloroplas.

b) Proses Fotosintesis

Fotosintesis adalah proses dua tingkat. Pertama adalah proses yang bergantung pada hadirnya radiasi sinar matahari, yang disebut "reaksi terang" (*light reaction*). Di sini diperlukan hadirnya energi sinar matahari langsung dalam usaha membentuk molekul-molekul pembawa energi yang akan digunakan pada proses fotosintesis kedua. Reaksi terang terjadi pada kloroplas di bagian grana dari kloroplas.

Energi yang dihasilkan oleh proses reaksi terang antara lain adalah ATP (*adenosine triphosphate*). ATP disimpan dalam bentuk cadangan energi. Energi ini akan digunakan dalam proses selanjutnya. ATP terdiri atas *nucleotide adenine* yang terikat pada gula ribose, yang bergabung dengan tiga kelompok fosfat. Struktur ATP dapat dilihat pada Gambar 4.3.

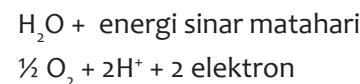
Proses kedua fotosintesis yang berlangsung pada bagian stroma dari kloroplas adalah proses yang bebas dari cahaya sinar matahari. Reaksi ini

disebut "reaksi gelap" (*dark reaction*). Di sini proses reaksinya dilakukan dengan menggunakan energi yang merupakan produk dari reaksi terang untuk membentuk karbohidrat; mengubah CO_2 menjadi gula. Reaksi ini memerlukan produk yang dihasilkan oleh reaksi terang (ATP dan NADPH) sebagai energi. Dalam proses yang juga dinamakan siklus Calvin (*Calvin cycle*) terjadi seri reaksi siklik yang membentuk gula dari bahan dasar CO_2 dan energi (ATP dan NADPH). Reaksi gelap bertujuan mengubah senyawa yang mengandung atom karbon menjadi molekul gula.

Cahaya yang masuk ke kawasan kloroplas dalam bentuk paket, yang disebut foton (*photon*), diserap oleh molekul penyerap cahaya bernama klorofil. Terdapat empat tipe klorofil, yakni klorofil a, b, c, dan d. Diketahui bahwa intensitas cahaya memengaruhi laju fotosintesis. Hal ini dapat terjadi karena perbedaan energi yang dihasilkan oleh setiap spektrum cahaya. Di samping adanya perbedaan energi tersebut, faktor lain yang menjadi pembeda adalah kemampuan daun dalam menyerap berbagai spektrum cahaya yang berbeda tersebut.

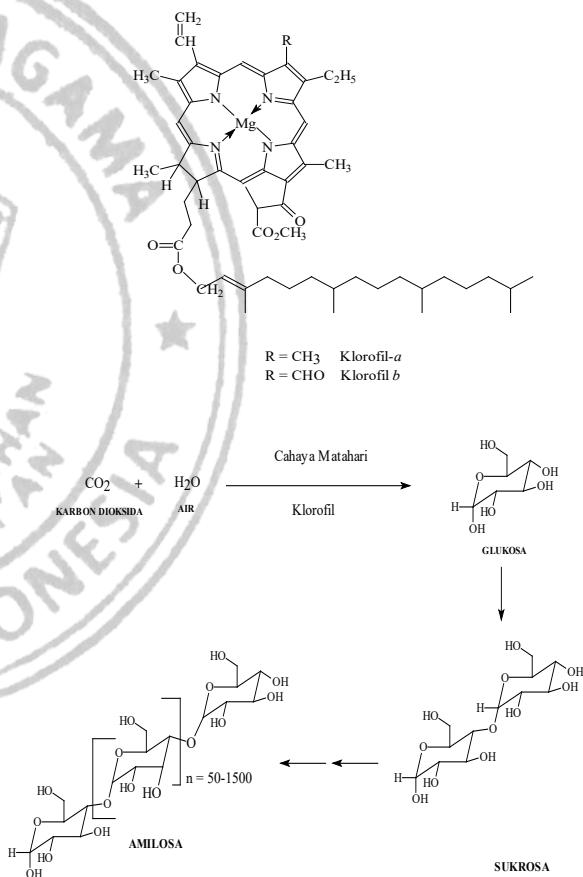
Dari semua radiasi cahaya Matahari yang dipancarkan, hanya panjang gelombang tertentu yang dimanfaatkan oleh tumbuhan untuk proses fotosintesis, yaitu panjang gelombang pada kisaran cahaya tampak (380–700 nm). Cahaya tampak terbagi atas cahaya merah (610–700 nm), hijau-kuning (510–600 nm), biru (410–500 nm), dan violet (< 400 nm).

Pigmen yang berbeda menyerap cahaya pada panjang gelombang yang berbeda pula. Kloroplas mengandung beberapa pigmen. Sebagai contoh, klorofil a terutama menyerap cahaya biru-violet dan merah, sementara klorofil b menyerap cahaya biru dan oranye dan memantulkan cahaya kuning-hijau. Klorofil a berperan langsung dalam reaksi terang, sedangkan klorofil b tidak secara langsung

Gambar 4.3
Struktur kimia ATP.
(Sumber: www.youtube.com)

Gambar 4.4
Proses fotosintesis.

berperan. Proses absorpsi energi cahaya menyebabkan lepasnya elektron berenergi tinggi dari klorofil a yang selanjutnya akan disalurkan dan ditangkap oleh akseptor elektron. Elektron ini selanjutnya masuk ke sistem siklus elektron. Elektron yang dilepaskan oleh klorofil a mempunyai energi tinggi sebab memperoleh energi dari cahaya yang berasal dari molekul perangkat pigmen yang dikenal dengan kompleks antena. Proses ini merupakan awal dari rangkaian panjang reaksi fotosintesis. Tidak semua panjang gelombang yang tiba di permukaan Bumi diserap saat proses fotosintesis. Warna hijau, misalnya, yang menjadi warna dominan dari tumbuhan, sebenarnya adalah sinar yang dipantulkan dan tertangkap oleh mata manusia.

Reaksi kimia pada proses fotosintesis tidak hanya satu, melainkan lebih merupakan seperangkat reaksi kimia (Gambar 4.4)

Dalam reaksi terang terjadi suatu proses demikian. Klorofil dan sel-sel dari kelompok karotenoid secara bersama-sama dinamai *antenna complexes*. Semua *antenna complexes* mampu mentransfer energi sinar matahari untuk dua tipe pusat reaksi fotokimia (*photochemicals reaction centers*), yaitu fotosistem (*photosystem*) I dan fotosistem II. Pusat reaksi fotokimia ini berlokasi pada membran tilakoid.

Pada fotosistem I, penyerapan energi cahaya dilakukan oleh klorofil a yang sensitif terhadap cahaya dengan panjang gelombang 700 nm, sehingga klorofil a disebut juga P_{700}. Energi yang diperoleh P_{700} ditransfer dari kompleks antena. Pada fotosistem II, penyerapan energi cahaya dilakukan oleh klorofil a yang sensitif terhadap panjang gelombang 680 nm sehingga disebut P_{680}. P_{680} yang teroksidasi merupakan agen pengoksidasi yang lebih kuat daripada P_{700}. Dengan potensial redoks yang lebih besar, akan tersedia cukup elektron negatif untuk memperoleh elektron dari molekul-molekul air.

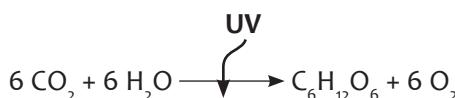
H_2O + energi sinar matahari
½ O_2 + $2H^+$ + 2 elektron

Fotosistem II adalah satu-satunya enzim biologi yang diketahui melaksanakan oksidasi air ini. Ion hidrogen berkontribusi terhadap potensi kemiosmosis transmembran yang berujung

pada sintesis ATP. Oksigen adalah produk ampas dari reaksi terang, namun sebagian besar organisme di Bumi memanfaatkan oksigen untuk respirasi sel, termasuk organisme fotosintesis.

Klorofil dan proses fotosintesis dalam bentuk struktur kimia dapat dilihat pada Gambar 4.5.

Gambar 4.5
Struktur kimia klorofil (atas) dan proses fotosintesis dalam bentuk struktur kimia.

Dalam skala waktu, urutan dan kinetika proses fotosintesis terbagi dalam empat tahap, sebagai terlihat pada tabel berikut.

Tabel 4.1
Proses Fotosintesis.

No	Proses	Skala Waktu
1	Perpindahan energi pada klorofil antena (membran tilakoid)	femtodetik (10^{-15}) s.d. pikodetik (10^{-12})
2	Perpindahan elektron pada reaksi fotokimia (membran tilakoid)	pikodetik sampai nanodetik (10^{-9})
3	Rantai perpindahan elektron dan sintesis ATP (membran tilakoid)	mikrodetik (10^{-6}) sampai millidetik (10^{-3})
4	Fiksasi karbon dan ekspor produk stabil	milidetik sampai detik

Di samping kloroplas, sel lain yang juga memproduksi energi untuk menjalankan aktivitas penghasil makanan adalah mitokodria (*mitochondria*). Mitokondria mampu menghasilkan energi melalui proses pernapasan/respirasi, suatu proses yang penting saat cahaya Matahari tidak tersedia. Sebagaimana kloroplas, mitokondria juga memiliki DNA yang diproduksi sendiri di dalam selnya.

Fotosintesis seperti diuraikan di atas adalah proses yang amat rumit, di mana sinar matahari, terutama ultraviolet, memicu terjadinya reaksi antara H_2O dan CO_2 pada hijau daun (klorofil) membentuk senyawa karbohidrat (li-

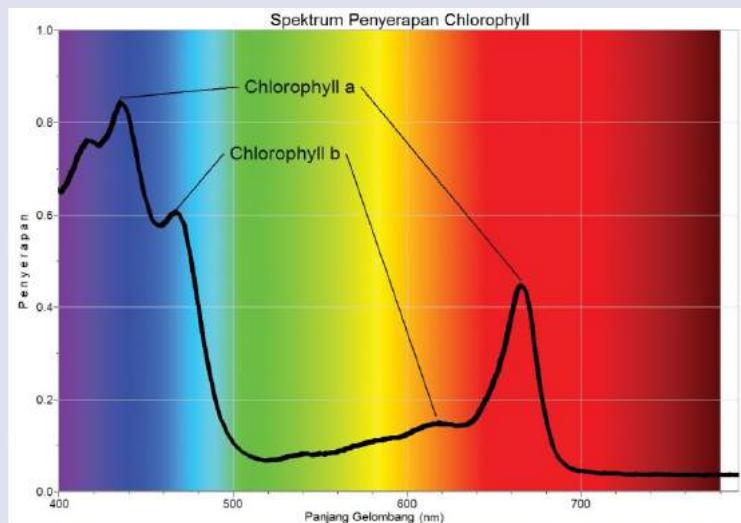
hat pula buku: *Tumbuhan* [2011] dan *Air* [2011]). Proses tersebut amat canggih, tetapi belum diketahui secara sempurna. Secara sederhana reaksi tersebut dapat dituliskan kembali sebagai berikut.

$$6\,CO_2 + 6\,H_2O \xrightarrow{UV} C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2$$

Senyawa karbohidrat dapat berupa gula sederhana seperti glukosa, pati, atau selulosa. Reaksi tersebut terjadi pada sel daun yang disebut kloroplas (*chloroplast*). Anehnya, sampai sekarang reaksi tersebut belum dapat ditiru oleh manusia, baik di dalam laboratorium apalagi dalam skala industri. Senyawa karbohidrat yang terbentuk merupakan makanan bagi hewan dan manusia sekaligus sebagai cadangan energi. Karbohidrat yang sederhana seperti glukosa dan fruktosa dapat terbentuk pada batang tebu dan buah-buahan yang lezat dan menjadi sumber makanan yang mudah dicerna menjadi energi untuk gerak dan kegiatan.

Senyawa karbohidrat yang molekulnya lebih besar dapat berwujud pati yang terdapat pada padi, jagung, ketela, singkong, dan lain-lain. Pati dalam tubuh dapat diubah menjadi glukosa sebagai sumber energi. Karbohidrat yang lebih besar lagi berbentuk selulosa, pembentuk jaringan tanaman atau berupa kayu. Daun dan batang padi atau jagung serta berbagai rerumputan adalah selulosa sebagai makanan binatang memamah biak seperti kambing, sapi, kerbau, kijang, dan lain-lain. Dalam perut binatang tersebut terdapat enzim yang amat kuat dan mampu menghancurkan selulosa menjadi energi. Demikianlah cara Sang Pencipta memberi makan makhluk-makhluk ciptaan-Nya; seperti dinyatakan dalam firman Allah,

وَمَا مِنْ دَاۤبَّةٍ فِى الْاَرْضِ اِلَّا عَلَى اللّٰهِ رِزْقُهَا وَيَعْلَمُ مُسْتَقَرَّهَا وَمُسْتَوْدَعَهَاۗ كُلٌّ فِيْ كِتٰبٍ مُّبِيْنٍ ٦

Dan tidak satupun makhluk bergerak (bernyawa) di Bumi melainkan semuanya dijamin Allah rezekinya. Dia mengetahui tempat kediamannya dan tempat penyimpanannya. Semua (tertulis) dalam Kitab yang nyata (Lauḥ Maḥfūẓ). (Hūd/11: 6)

Adalah amat mengagumkan bagaimana jutaan binatang liar seperti kijang, zebra, wildebiest, bison, dan burung di padang savana dicukupi makanannya dari rerumputan baik dari daun, batang, atau bijinya. Selanjutnya hewan-hewan tersebut menjadi makanan binatang pemakan daging (karnivora) seperti harimau, singa, anjing, buaya, ular, elang, dan burung bangkai.

Matahari juga memberi kehidupan di air. Sinar matahari, yang terdiri atas berbagai bermacam cahaya (merah,

jingga, kuning, hijau, biru, violet, dan ultraviolet) dapat menembus air. Dalam air laut, sebagian cahaya tersebut dipantulkan, tapi sebagian yang lain, seperti merah dan jingga dapat mencapai kedalaman puluhan meter, kuning mencapai 50–100 m, hijau dan biru mencapai 100–200 m, dan violet dapat menembus kedalaman lebih dari 200 m. Sinar ungu (violet) dan ultraviolet tersebut berperan penting dalam proses asimilasi pada ganggang laut. Ganggang laut termasuk salah satu subjek yang penting bagi rantai makanan hewan laut, seperti ikan, yang selanjutnya menjadi makanan bagi manusia.

Spektrum Penyerapan Klorofil
dalam Proses Fotosintesis pada Tumbuhan, Alga, dan Sebagainya

Gambar 4.5
Spektrum penyerapan klorofil.

Klorofil adalah pigmen pemberi warna hijau pada tumbuhan, alga, dan bakteri fotosintetik. Senyawa ini berperan dalam proses fotosintesis tumbuhan dengan menyerap dan mengubah energi cahaya menjadi energi kimia. Dalam proses fotosintesis tumbuhan hanya dapat memanfaatkan sinar dengan panjang gelombang antara 400–700 nm (Gobel dkk., 2006).

Tanaman tingkat tinggi mempunyai dua macam klorofil, yaitu klorofil a ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$) yang berwarna hijau tua, dan klorofil b ($C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$) yang berwarna hijau muda. Klorofil a dan b paling kuat menyerap cahaya merah (600–700 nm), dan paling sedikit menyerap cahaya hijau (500–600 nm) (Gobel dkk., 2006).

Adapun cahaya biru dari spektrum tersebut diserap oleh karotenoid. Karotenoid berperan membantu mengabsorpsi cahaya sehingga spektrum Matahari dapat dimanfaatkan dengan lebih baik. Energi yang diserap oleh karotenoid diteruskan pada klorofil a untuk diserap dan digunakan dalam proses fotosintesis, demikian pula klorofil b.

Gambar 4.6
Cahaya Matahari menembus laut.
(Sumber: www.kylefoto.com)

2. Cadangan Energi bagi Manusia

Dalam Surah Yāsīn/36: 80 dan al-Wāqi‘ah/56: 71–73, Allah mengingatkan manusia tentang hakikat asal-usul sumber energi dari kayu, yang dapat dimanfaatkan bagi kepentingan hidup mereka.

الَّذِيْ جَعَلَ لَكُمْ مِّنَ الشَّجَرِ الْاَخْضَرِ نَارًاۙ فَاِذَآ اَنْتُمْ مِّنْهُ تُوْقِدُوْنَ ﴿٨٠﴾

Yaitu (Allah) yang menjadikan api untukmu dari kayu yang hijau, maka seketika itu kamu nyalakan (api) dari kayu itu. (Yāsīn/36: 80)

اَفَرَءَيْتُمُ النَّارَ الَّتِيْ تُوْرُوْنَۗ ﴿٧١﴾ ءَاَنْتُمْ اَنْشَأْتُمْ شَجَرَتَهَآ اَمْ نَحْنُ الْمُنْشِـُٔوْنَ ﴿٧٢﴾ نَحْنُ جَعَلْنٰهَا تَذْكِرَةً وَّمَتَاعًا لِّلْمُقْوِيْنَۚ ﴿٧٣﴾

Maka pernahkah kamu memperhatikan tentang api yang kamu nyalakan (dengan kayu)? Kamukah yang menumbuhkan kayu itu ataukah Kami yang menumbuhkan? Kami menjadi-

Gambar 4.7
Pertambangan batubara dan minyak bumi.
(Sumber: anisavitri.
wordpress.com; kunaefi.wordpress.com;
kusnun-wahyu.blogspot.com)

kannya (api itu) untuk peringatan dan bahan yang berguna bagi musafir. (al-Wāqi‘ah/56: 71–73)

Kedua ayat di atas merupakan semacam penegasan bahwa api dan ka-

yu ciptaan-Nya diciptakan untuk kepentingan manusia yang menghuni Bumi. Semua Allah ciptakan dengan kekuasaan dan keagungan-Nya agar manusia bersyukur.

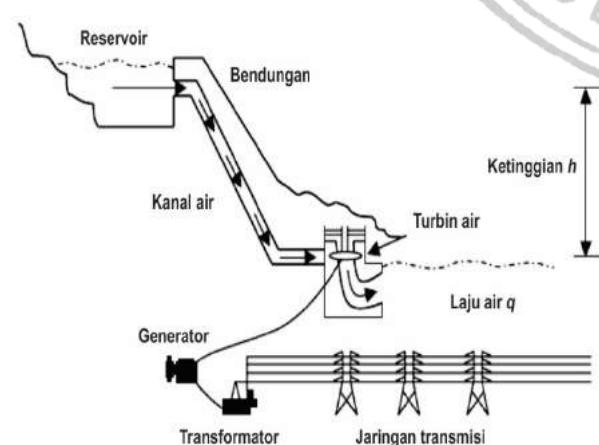
Seperti diuraikan, proses fotosintesis menghasilkan senyawa karbohidrat polimer tinggi, seperti selulosa, yang terwujud menjadi kayu pada tanaman. Karbohidrat dalam bentuk selulosa dapat meliputi 75% bagian padatan pada tanaman. Ini berarti bahwa kayu adalah bentuk penyimpanan energi Matahari sejak jutaan tahun lalu. Kayu dari pohon-pohon di hutan yang tertimbun tanah akibat proses perubahan permukaan Bumi berubah menjadi batubara. Batubara pada hakikatnya merupakan hasil dari proses degradasi alami selulosa menjadi karbon. Cadangan energi berbentuk batubara hampir menyebar merata di permukaan Bumi, di antaranya di AS, Rusia, Cina, India, Australia, Indonesia, dan lain-lain. Batubara menjadi bahan bakar untuk industri dan pembangkit tenaga listrik.

Proses fotosintesis di laut yang menumbuhkan berbagai ganggang sebagai makanan ikan juga menghasilkan cadangan energi. Ikan-ikan dan binatang laut yang mati dan tertimbun oleh lapisan tanah, berubah menjadi gas dan minyak bumi. Cadangan energi minyak dan gas bumi merupakan sumber energi masa kini guna memenuhi kebutuhan manusia, terutama menjadi bahan bakar bermotor mobil, sepeda motor, kapal, dan pesawat terbang.

Sumber energi tersebut, seperti halnya batubara, bersifat tak terbarukan (*non-renewable energy*). Karena itu, penggunaan energi demikian perlu dihemat dan perlu pula dicarikan pengganti atau alternatifnya. Salah satu energi alternatif yang terbarukan adalah alkohol. Alkohol, terutama di Brazil, diperoleh dari tanaman singkong yang ditanam secara massal. Fermentasi karbohidrat dalam singkong menghasilkan alkohol yang dapat menggantikan sebagian bahan bakar minyak bumi. Di Indonesia, penggantian minyak bumi oleh alkohol masih terkendala beberapa hal. *Pertama*, singkong masih banyak digunakan sebagai makanan manusia atau pakan ternak. *Kedua*, lahan pertanian singkong amat terbatas. *Ketiga*, timbulnya kehawatiran bahwa banyaknya pabrik alkohol akan meningkatkan risiko penyalahgunaan alkohol menjadi minuman memabukkan. Oleh karena itu, diperlukan alternatif sumber energi lain yang lebih minim kendala, yaitu energi Matahari, baik secara langsung maupun tidak langsung.

3. Pemanfaatan Energi Sinar Matahari

Mengingat kebutuhan energi manusia semakin besar di masa depan seiring pertambahan penduduk dan kebutuhan, eksplorasi energi Matahari merupakan suatu keharusan. Sangat mendesak karena energi ini baru sedikit dimanfaatkan secara alamiah. Beberapa teknologi pengembangan energi masa depan di antaranya:

Gambar 4.9
Pembangkit Listrik Tenaga Air, atau PLTA.
(Sumber: energitoday.com)

Gambar 4.8
Kincir angin.
(Sumber: www.skyscrappercity.com)

a) Energi Klimatik

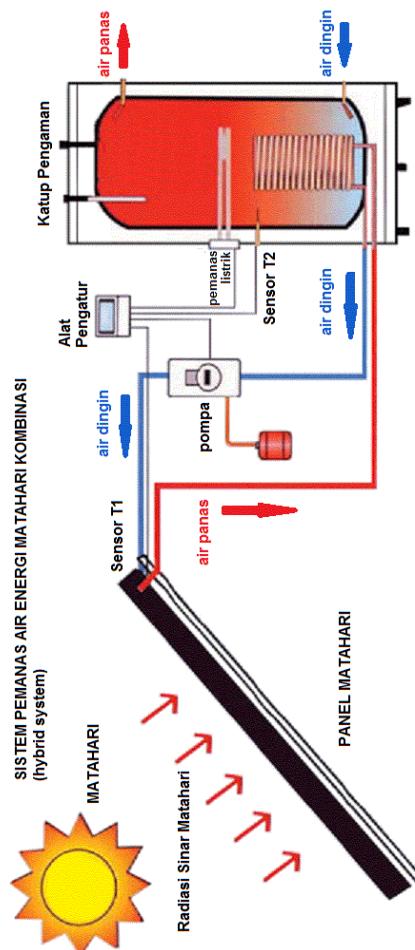
Teknologi energi klimatik berdasarkan pada angin yang terjadi akibat pemanasan oleh Matahari terhadap daerah Bumi yang berbeda. Gerakan angin dapat digunakan sebagai tenaga mekanik langsung atau dijadikan listrik. Di Indonesia, energi kincir banyak digunakan pada pembuatan garam di pantai sebagai pemompa air.

b) Hidrologi

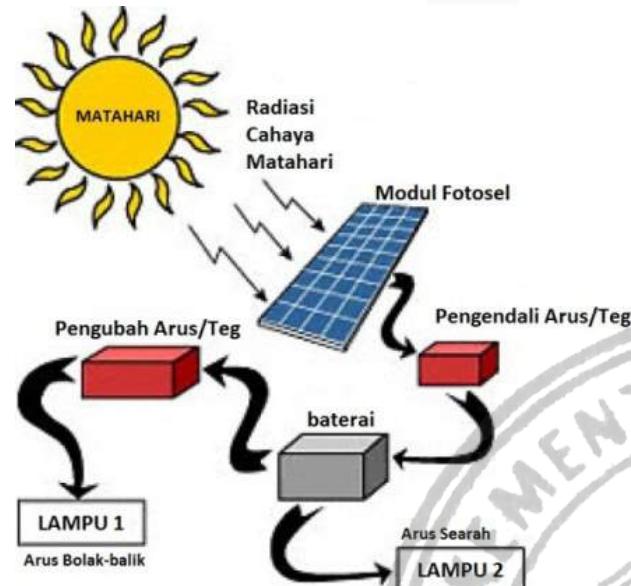
Sinar matahari juga menyebabkan terjadinya hujan dan banjir (lihat buku *Air* [2011]). Air yang ditampung dalam sebuah danau atau bendungan dapat dijadikan sumber tenaga listrik (PLTA), selain sebagai cadangan air minum, irigasi, dan media peternakan ikan. In-

Gambar 4.10
Skema dan cara kerja PLTA.
(Sumber: energitop.blogspot.com)

donesia sudah banyak memanfaatkan tenaga air sebagai pembangkit listrik, misalnya di Waduk Saguling, Waduk Jatiluhur, Danau Singkarak, Danau Maninjau, dan lain-lain.

Kini, dikembangkan pula pembangkit listrik tenaga air dalam skala kecil (mikrohidro) untuk kepentingan masyarakat tertentu. Di beberapa tempat di Sumatera Barat, tenaga mikrohidro digunakan untuk menumbuk padi.

c) *Energi Termal*

Gambar 4.11
Pemanas Air, PAEM. (Sumber: solarbasket.co)

Sinar matahari secara langsung dapat ditangkap untuk memanaskan air (*solar heating*). Cara sederhana ini telah digunakan untuk memenuhi kebutuhan akan air panas rumah tangga, hotel, dan kolam renang. Tentu saja, Pemanas Air Energi Matahari (PAEM) amat bergantung pada kondisi cuaca. Di hari mendung atau berawan, PAEM kurang produktif. Untuk mengatasinya digunakanlah sistem hibrid, yakni gabungan PAEM dan pemanas listrik. Kini penelitian banyak dilakukan untuk mencari bahan terbaik guna menyerap panas Matahari dan menyimpan energi.

Gambar 4.12
Skema dan cara kerja PAEM.
(Sumber: solarsidite.com)

Gambar 4.13
Lampu jalan menggunakan energi Matahari.
(Sumber: www.gslat.com)

Gambar 4.14
Prinsip kerja sistem pembangkit listrik menggunakan Fotosel. (Sumber: orionitech.com)

d) Fotosel, Energi Listrik Sel Matahari

Radiasi sinar matahari dapat ditangkap untuk dijadikan energi listrik oleh suatu sel elektrokimia yang disebut sel matahari (*solar cell*). Sel tersebut mengkonversi sinar matahari menjadi listrik sehingga disebut fotosel (*photovoltaic*).

Fotosel tersebut amat menjanjikan dan penelitian dalam bidang ini terus berjalan untuk menemukan cara meningkatkan efisiensi penangkapan energi matahari dan cara menyimpannya. Sel matahari ini telah banyak dibuat di luar negeri dan harganya masih relatif mahal. Di Indonesia sel matahari amat penting karena banyaknya tempat-tempat dan pulau terpencil yang memerlukan listrik, tetapi jauh dari pembangkit listrik tenaga uap atau air. Penggunaan sel matahari untuk mengganti atau mengurangi bahan bakar minyak (BBM) pada kendaraan bermotor juga tidak kalah penting.

Kebutuhan akan kendaraan berenergi Matahari semakin besar seiring makin menipisnya cadangan bahan bakar minyak. Selain itu, kendaraan jenis ini juga bebas polusi sehingga ramah lingkungan. Sebagaimana *solar heater* untuk pemanas air di rumah-rumah, kendaraan dengan sel matahari juga didukung dengan bahan bakar minyak, atau disebut sistem hibrid. Kini kendaraan hibrid masih amat mahal, namun tidak mustahil semakin murah di masa depan. Penelitian dalam bidang ini terus dilakukan, diwarnai berbagai tantangan serta persaingan di antara produsen-produsen mobil. []

BAB V
PEMANFAATAN GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK

Kelebihan manusia atas makhluk lainnya adalah anugerah otak yang dengannya manusia dapat berkembang menjadi makhluk yang cerdas. Kecerdasan ini menjadi bekal manusia menjadi khalifah di bumi. Kecerdasan ini dibutuhkan pula oleh manusia untuk meningkatkan kemampuannya dalam mempelajari informasi atau ilmu yang diperoleh. Semakin tinggi tingkat kecerdasan seseorang maka peluangnya untuk mempelajari ilmu semakin besar, dan sebaliknya. Jadi, manusia adalah makhluk yang berpotensi menguasai ilmu pengetahuan. Orang-orang berilmu pengetahuanlah yang berpeluang untuk memahami unsur-unsur alam semesta sehingga dapat menggali rahasia yang tersembunyi untuk kemudian dimanfaatkan bagi kepentingan dan kesejahteraan hidupnya. Dalam Al-Quran Allah berfirman,

وَتِلْكَ الْاَمْثَالُ نَضْرِبُهَا لِلنَّاسِۚ وَمَا يَعْقِلُهَآ اِلَّا الْعَالِمُوْنَ ﴿٤٣﴾

Dan perumpamaan-perumpamaan ini Kami buat untuk manusia; dan tidak ada yang akan memahaminya kecuali mereka yang berilmu. (al-‘Ankabūt/29: 43)

Ayat ini berisi pesan dan sekaligus perintah dari Allah kepada manusia agar memanfaatkan kecerdasan otaknya untuk menuntut ilmu pengetahuan. Kekayaan ilmu pengetahuan ini yang

menempatkan manusia di atas kedudukan makhluk lainnya. Hal ini ditegaskan dalam firman-Nya,

وَلَقَدْ كَرَّمْنَا بَنِيْٓ اٰدَمَ وَحَمَلْنٰهُمْ فِى الْبَرِّ وَالْبَحْرِ وَرَزَقْنٰهُمْ مِّنَ الطَّيِّبٰتِ وَفَضَّلْنٰهُمْ عَلٰى كَثِيْرٍ مِّمَّنْ خَلَقْنَا تَفْضِيْلًا ۝٧٠

Dan sungguh, Kami telah memuliakan anak cucu Adam, dan Kami angkut mereka di darat dan di laut, dan Kami beri mereka rezeki dari yang baik-baik dan Kami lebihkan mereka di atas banyak makhluk yang Kami ciptakan dengan kelebihan yang sempurna. (al-Isrā'/17: 70)

Tidak sedikit ayat Al-Qur'an yang mengajak dan mengimbau manusia untuk memaksimalkan kemampuan akalnya. Banyak dijumpai dalam Al-Qur'an kata-kata seperti *afalā ta'qilūn* (tidakkah kamu menggunakan akalmu), *afalā yatadabbarūn* (tidakkah kamu menelaah), *afalā yatafakkarūn* (tidakkah kamu berpikir), dan semisalnya.

Tidak dapat diingkari bahwa dengan ilmu pengetahuan atau sains manusia memiliki kemampuan untuk menelaah, menyelidiki, atau menemukan sesuatu, serta dapat meningkatkan pemahamannya dalam berbagai hal ataupun masalah yang ia hadapi dalam kehidupan nyata. Sains pun semakin berkembang sejalan dengan perkembangan pengetahuan, kemampuan, dan tuntutan kebutuhan manusia. Adanya temuan baru atau informasi yang berkembang dari hasil kreativitas karya manusia itu sendiri ikut mendorong perkembangan sains lebih jauh.

A. PENCIPTAAN MANUSIA MENURUT AL-QUR'AN

1. Manusia sebagai Khalifah

Allah berfirman tentang penugasan manusia sebagai khalifah,

وَاِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلٰۤىِٕكَةِ اِنِّيْ جَاعِلٌ فِى الْاَرْضِ خَلِيْفَةً ۗ قَالُوْٓا اَتَجْعَلُ فِيْهَا مَنْ يُّفْسِدُ فِيْهَا وَيَسْفِكُ الدِّمَاۤءَۚ وَنَحْنُ نُسَبِّحُ بِحَمْدِكَ وَنُقَدِّسُ لَكَ ۗ قَالَ اِنِّيْٓ اَعْلَمُ مَا لَا تَعْلَمُوْنَ ۝٣٠

Dan (ingatlah) ketika Tuhanmu berfirman kepada para malaikat, "Aku hendak menjadikan khalifah di bumi." Mereka berkata, "Apakah Engkau hendak menjadikan orang yang merusak dan menumpahkan darah di sana, sedangkan kami bertasbih memuji-Mu dan menyucikan nama-Mu?" Dia berfirman, "Sungguh, Aku mengetahui apa yang tidak kamu ketahui." (al-Baqarah/2: 30)

Dari ayat ini dapat dipahami bahwa Allah menciptakan manusia untuk memakmurkan bumi dan menjadikannya berbudaya. Hal ini karena sumber daya alam yang telah Allah sediakan di bumi seperti air, tanah, mineral, udara, iklim, sinar Matahari, lautan, dan berbagai hewan serta tanaman perlu dimanfaatkan guna mewujudkan

kehidupan berbudaya. Sumber daya alam tersebut diamanahkan untuk kepentingan manusia, sebagaimana firman-Nya,

هُوَ الَّذِيْ خَلَقَ لَكُمْ مَّا فِى الْاَرْضِ جَمِيْعًا ثُمَّ اسْتَوٰٓى اِلَى السَّمَاۤءِ فَسَوّٰىهُنَّ سَبْعَ سَمٰوٰتٍ ۗ وَهُوَ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيْمٌ ࣖ ٢٩

Dialah (Allah) yang menciptakan segala apa yang ada di bumi untukmu kemudian Dia menuju ke langit, lalu Dia menyempurnakannya menjadi tujuh langit. Dan Dia Maha Mengetahui segala sesuatu. (al-Baqarah/2: 29)

Dengan amanah itu manusia diberi wewenang untuk menguasai sumber daya alam guna kebaikan manusia, bukan untuk melegitimasinya berbuat kerusakan, keburukan, atau permusuhan. Allah menjelaskan maksud dan misi besar dalam penciptaan manusia yang tidak diketahui oleh malaikat. Bahwa Malaikat mengetahui sifat manusia yang suka berbuat kerusakan dan berperang, itu adalah hal yang mungkin terjadi karena barangkali malaikat mengetahui ada makhluk sebelum itu yang sama atau mirip dengan Adam yang hendak Allah ciptakan. Pada kenyataannya, kemajuan ilmu dan lompatan teknologi diperoleh justru akibat dari nafsu manusia untuk saling menguasai dengan cara bersaing terhadap sesama. Nafsu itu terkadang mencapai klimaks dengan timbulnya peperangan dan pembunuhan. Contoh-contohnya sebagai berikut.

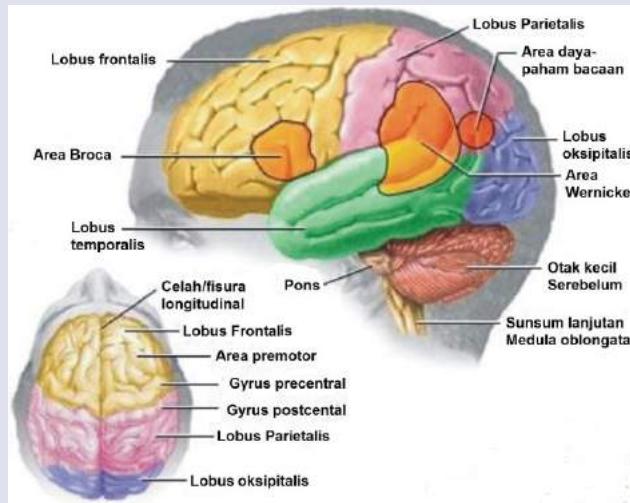
a) Pengembangan roket untuk pemboman jarak jauh pada Perang Dunia II memerlukan bahan bakar nitrat dengan memanfaatkan nitrogen di udara. Pada masa damai teknologi ini dimanfaatkan untuk membuat pupuk guna mengembangkan atau melipatgandakan hasil pertanian.
b) Teknologi radar pada masa perang digunakan untuk mengintip pesawat atau roket. Pada masa damai radar menjadi alat vital dalam navigasi, baik pesawat terbang maupun kapal laut. Tanpa radar, sebuah kapal yang mengarungi lautan atau pesawat yang terbang menjelajahi angkasa akan menemui banyak kesulitan untuk mendapatkan arah tujuan dengan tepat.
c) Pesawat jet semula diciptakan untuk membawa tentara dan bom dengan kecepatan tinggi, kini sistem tersebut digunakan untuk pesawat angkut berbadan lebar.
d) Penemuan obat bius seperti kloroform semula dimaksudkan untuk menolong tentara yang luka-luka di medan perang. Kini ia menjadi bahan anestesi yang aman digunakan dalam proses operasi atau pembedahan di rumah sakit.
e) Palang Merah Internasional yang

didirikan untuk menolong tentara yang terluka di medan perang, kini tetap ada bahkan berkembang di seluruh dunia, tidak hanya untuk menolong korban perang tetapi juga korban bencana alam.

Untuk melaksanakan amanat sebagai khalifah, Allah membekali Adam dengan ilmu, yang tidak diberikan kepada malaikat. Allah berfirman,

وَعَلَّمَ اٰدَمَ الْاَسْمَاۤءَ كُلَّهَا ثُمَّ عَرَضَهُمْ عَلَى الْمَلٰۤىِٕكَةِ فَقَالَ اَنْۢبِـُٔوْنِيْ بِاَسْمَاۤءِ هٰٓؤُلَاۤءِ اِنْ كُنْتُمْ صٰدِقِيْنَ ۝٣١ قَالُوْا سُبْحٰنَكَ لَا عِلْمَ لَنَآ اِلَّا مَا عَلَّمْتَنَا ۗاِنَّكَ اَنْتَ الْعَلِيْمُ الْحَكِيْمُ ۝٣٢

Dan Dia ajarkan kepada Adam nama-nama (benda) semuanya, kemudian Dia perlihatkan kepada para malaikat, seraya berfirman, "Sebutkan kepada-Ku nama semua (benda) ini, jika kamu yang benar!" Mereka menjawab, "Mahasuci Engkau, tidak ada yang kami ketahui selain apa yang telah Engkau ajarkan kepada kami. Sungguh, Engkaulah Yang Maha Mengetahui, Mahabijaksana." (al-Baqarah/2: 31–32)

Ayat-ayat ini menunjukkan bahwa manusia dikaruniai otak sebagai sarana untuk belajar dan mengajarkan ilmu. Akal pikiran itu tidak diberikan pada malaikat maupun binatang. Binatang meskipun diberi mata dan telinga seperti manusia tetapi mereka amat sedikit diberi akal. Binatang seperti kera, gajah, harimau, dan sebagainya dapat diajari bermain sirkus, namun mereka tidak dapat mengajarkan kepada anak-anaknya. Bandingkan dengan manusia; mereka dapat belajar dari dan mengajarkan kepada orang lain. Yang demikian itu karena Allah memberi mereka kemampuan untuk menggunakan tulisan atau kalam, sebagaimana termaktub dalam firman pertama yang Allah turunkan kepada Nabi Muhammad,

اِقْرَأْ بِاسْمِ رَبِّكَ الَّذِيْ خَلَقَۚ ۝١ خَلَقَ الْاِنْسَانَ مِنْ عَلَقٍۚ ۝٢ اِقْرَأْ وَرَبُّكَ الْاَكْرَمُۙ ۝٣ الَّذِيْ عَلَّمَ بِالْقَلَمِۙ ۝٤ عَلَّمَ الْاِنْسَانَ مَا لَمْ يَعْلَمْۗ ۝٥

Bacalah dengan (menyebut) nama Tuhanmu yang menciptakan, Dia telah menciptakan manusia dari segumpal darah. Bacalah, dan Tuhanmulah Yang Mahamulia, Yang mengajar (manusia) dengan pena. Dia mengajarkan manusia apa yang tidak diketahuinya. (al-'Alaq/96: 1–5)

Dengan demikian, terlihat jelas keterkaitan erat antara Surah al-Baqarah/2: 31–32 dengan Surah al-'Alaq/96: 1–5, antara tugas manusia sebagai khalifah dengan bekal akal pikiran dan ilmu (kemampuan menggunakan "pena") yang Allah berikan kepadanya. Kini ilmu pengetahuan berkembang amat cepat berkat tulisan dalam buku atau jurnal dan rekaman elektronik. Bahkan, rekaman elektronik dapat dise-

Otak, Pembeda Manusia dari Makhluk Lain

Gambar 5.1
Otak manusia. (Sumber: www.pustakasekolah.com)

Menurut Edoardo Boncinelli, direktur riset biomolekuler di Milan, Italia, otak manusia hampir seluruhnya terdiri atas korteks (serebral). Otak simpanse, misalnya, juga memiliki korteks namun dalam proporsi yang jauh lebih kecil. Korteks memungkinkan manusia untuk berpikir, mengingat, dan membayangkan. Pada dasarnya kita adalah manusia karena keberadaan korteks yang kita miliki.

Korteks serebral adalah wilayah permukaan otak yang berhubungan erat dengan kecerdasan. Korteks serebral manusia apabila dipipihkan akan menutupi empat halaman kertas ketik, sedangkan korteks seekor simpanse hanya bisa menutupi satu halaman, dan korteks seekor tikus hanya bisa menutupi seluas satu perangko (Sumber: *Scientific American*).

barluaskan amat cepat lewat faks atau internet.

Bagaimanapun juga, manusia diingatkan dalam Al-Qur'an bahwa ketinggian ilmu seseorang harus mengantarkannya menuju keyakinan bahwa semua ilmu berasal dari dan diberikan oleh Allah. Dialah yang menguasai semua ilmu dan Dia amat pemurah untuk memberikan ilmu-Nya kepada manusia, termasuk pengetahuan untuk memanfaatkan ilmu. Ilmu bermanfaat adalah yang membawa diri kita kepada hal-hal yang diridai oleh Allah.

2. Manusia sebagai Wakil Allah dalam Penciptaan

Pengembangan ilmu dalam berbagai bidang pengetahuan pasti tidak sia-sia.

Sebagai khalifah, manusia diamanati untuk memanfaatkan, sebagaimana firman Allah,

وَمَا خَلَقْنَا السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا لٰعِبِيْنَ ۝٣٨ مَا خَلَقْنٰهُمَآ اِلَّا بِالْحَقِّ وَلٰكِنَّ اَكْثَرَهُمْ لَا يَعْلَمُوْنَ ۝٣٩

Dan tidaklah Kami bermain-main menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada di antara keduanya. Tidaklah Kami ciptakan keduanya melainkan dengan haq (benar), tetapi kebanyakan mereka tidak mengetahui. (ad-Dukhān/44: 38–39)

Melalui ayat ini Allah menjelaskan bahwa Dia memberi manusia amanat untuk memanfaatkan semua makhluk di bumi yang telah disiapkan-Nya untuk memenuhi kebutuhan manusia. Itulah karunia agung yang dilimpahkan-Nya kepada manusia. Atas karunia itu manusia diharapkan dapat bersyukur dengan cara mematuhi kaidah hukum alam yang telah ditetapkan-Nya, dan tidak mengingkari nikmat itu dengan berbuat kerusakan. Pada Surah ar-Raḥmān/55: 33 Allah mengingatkan dan menantang manusia untuk berbuat. Allah berfirman,

يٰمَعْشَرَ الْجِنِّ وَالْاِنْسِ اِنِ اسْتَطَعْتُمْ اَنْ تَنْفُذُوْا مِنْ اَقْطَارِ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ فَانْفُذُوْاۗ لَا تَنْفُذُوْنَ اِلَّا بِسُلْطٰنٍۚ ۝٣٣

Hai jamaah jin dan manusia, jika kamu sanggup menembus (melintasi) penjuru langit dan bumi, maka lintasilah, kamu tidak dapat menembusnya kecuali dengan kekuatan. (ar-Raḥmān/55: 33)

Adalah tantangan bagi manusia dengan kecerdasan yang dimilikinya untuk memahami lebih dalam tentang ciptaan-Nya, baik yang di dasar bumi maupun di penjuru langit. Hanya saja, seperti difirmankan oleh-Nya, hal itu tidak akan dapat dicapai kecuali dengan kekuatan atau kekuasaan Allah (*sulṭān*). Kata tersebut dipahami oleh sebagian ulama sebagai kaedah hukum alam atau sunatullah yang ditetapkan-Nya secara universal bagi alam jagat raya. Dengan menerapkan hukum Allah yang berlaku di alam semesta, manusia dapat memanfaatkan ciptaan-Nya secara maksimal. Caranya ialah dengan memanfaatkan teknologi.

Penciptaan teknologi oleh manusia amat berbeda dengan penciptaan Allah. Allah menciptakan sesuatu tanpa perlu contoh sebelumnya, yang karenanya Dia disebut *al-Badī'*. Adapun penciptaan oleh manusia selalu berdasarkan pada benda atau makhluk ciptaan Allah yang sudah ada. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa kemampuan manusia terbatas pada memanfaatkan bahan baku yang tersedia. Misalnya, Allah menciptakan kayu, maka manusia hanya bisa menciptakan

(atau lebih tepatnya, mengubahnya) menjadi bentuk lain, seperti kursi, meja, atau kertas. Allah menciptakan minyak bumi, gas alam, dan udara, maka dari bahan-bahan itu manusia membuat pupuk, bahan bakar, plastik, dan serat sintetis. Allah menciptakan logam, maka dari bahan itu manusia menciptakan kendaraan, senjata, dan bahan konstruksi. Demikian pula ketika manusia menciptakan radio, TV, telepon, faks, dan internet; semuanya dengan memanfaatkan gelombang elektromagnetik ciptaan Allah. Tepatlah ucapan Khalil Gibran yang mendorong manusia menjadi kreatif, "Tuhan, Engkau ciptakan tanah, maka aku ciptakan tembikar (sesuai kehendak-Mu)."

Manusia kreatif adalah manusia yang mencipta; kreativitas yang dilandasi nilai-nilai luhur sebagai khalifah di bumi. Mereka merupakan modal pembangunan bagi suatu negara. Makin banyak manusia kreatif, makin banyak yang menyadari tugasnya sebagai khalifah dan wakil Allah yang bertanggung jawab dalam menciptakan suasana yang adil, makmur, aman dan sejahtera di bumi, maka insya Allah suatu negara akan tumbuh baik dan maju. Sebaliknya, makin sedikit manusia kreatif di suatu negara, makin miskin dan tertinggal negara tersebut.

قُلْ لَّوْ كَانَ الْبَحْرُ مِدَادًا لِّكَلِمٰتِ رَبِّيْ لَنَفِدَ الْبَحْرُ قَبْلَ اَنْ تَنْفَدَ كَلِمٰتُ رَبِّيْ وَلَوْ جِئْنَا بِمِثْلِهٖ مَدَدًا ﴿١٠٩﴾

Katakanlah (Muhammad), "Seandainya lautan menjadi tinta untuk (menulis) kalimat-kalimat Tuhanku, maka pasti habislah lautan itu sebelum selesai (penulisan) kalimat-kalimat Tuhanku, meskipun Kami datangkan tambahan sebanyak itu (pula)." (al-Kahf/18: 109)

اِنَّمَآ اِلٰهُكُمُ اللّٰهُ الَّذِيْ لَآ اِلٰهَ اِلَّا هُوَۗ وَسِعَ كُلَّ شَيْءٍ عِلْمًا ﴿٩٨﴾

Sungguh, Tuhanmu hanyalah Allah, tidak ada tuhan selain Dia. Pengetahuan-Nya meliputi segala sesuatu. (Ṭāhā/20: 98)

Masih banyak ayat sejenis yang mengingatkan manusia bahwa betapapun tingginya ilmu seorang ilmuwan, itu semua tidak ada artinya dibanding ilmu Allah. Ilmu tersebut akan berarti hanya apabila dapat mengantarkannya memikirkan kebesaran Allah dan merealisasikan manfaat untuk kesejahteraan manusia. Sains dan teknologi bermanfaat jika didasari rasa syukur, keimanan, dan ketakwaan kepada Allah.

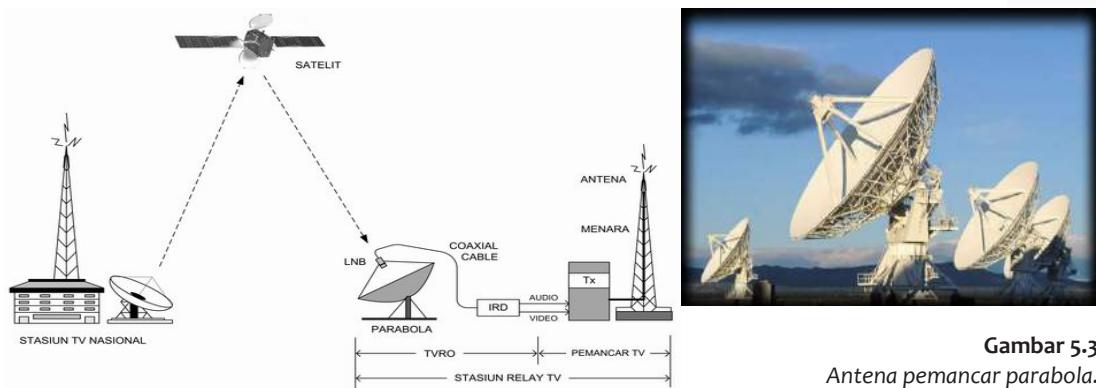
B. PEMANFAATAN GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK BAGI KEHIDUPAN MANUSIA

Berikut adalah berbagai teknologi pemanfaatan gelombang elektromagnetik (GEM) dalam bidang komunikasi, kedokteran, kimia, dan lain-lain yang banyak menyentuh kebutuhan manu-

sia. Hal ini penting untuk mendorong generasi muda muslim mempelajari dan menguasai sains dan teknologi sebagai bagian dari ibadah kepada Allah.

1. Pemanfaatan GEM dalam Informasi dan Komunikasi

Kita hidup di zaman ketika informasi telah menjadi kebutuhan masyarakat. Radio dan televisi sudah dikenal sebagai sarana penyebar informasi. Telepon telah lama menjadi sarana komunikasi yang telah dikenal masyarakat. Dengan penguasaan ilmu tentang gelombang elektromagnetik, ditambah teknologi satelit serta perkembangan di bidang komputer, teknologi informasi dan komunikasi telah berkembang amat pesat. Layar televisi yang pada 1960-an masih hitam putih sekarang sudah berwarna. Komunikasi telepon yang dahulu lewat kabel kini telah berubah menjadi nirkabel. Kini telepon genggam telah merambah ke seluruh lapisan masyarakat, seolah hidup tidak lengkap tanpanya. Penyebaran informasi atau komunikasi kini dapat pula dilakukan lewat internet, melalui media sosial. Berikut adalah pembahasan mengenai teknologi-teknologi yang telah menyatu dalam kehidupan kita.

a) Radio, televisi, dan telepon seluler

Skema model sistem komunikasi atau penyampaian informasi dapat dilihat pada Gambar 5.2.

Secara sederhana skema di atas dapat dijelaskan sebagai berikut. Sumber informasi adalah pemberi pesan baik berupa suara, tulisan, atau gambar. Pesan tersebut diubah menjadi kode atau dikodekan secara elektronik secara digital untuk dapat dikirim ke transmitter. Transmitter berfungsi mengubah kode pesan menjadi sinyal-sinyal listrik yang kemudian dikirim ke *channel* (kanal). Transmitter berwujud antena pemancar berupa parabola.

Channel adalah media yang akan membawa sinyal pesan berupa kabel atau serat optik di mana GEM dengan frekuensi tertentu dapat sebagai pembawa pesan (*carrier*). Di sinilah pentingnya GEM dalam mengantarkan pesan dengan kecepatan 30.000 km/detik

Gambar 5.2
Skema model sistem komunikasi atau penyampaian informasi.

Gambar 5.3
Antena pemancar parabola.

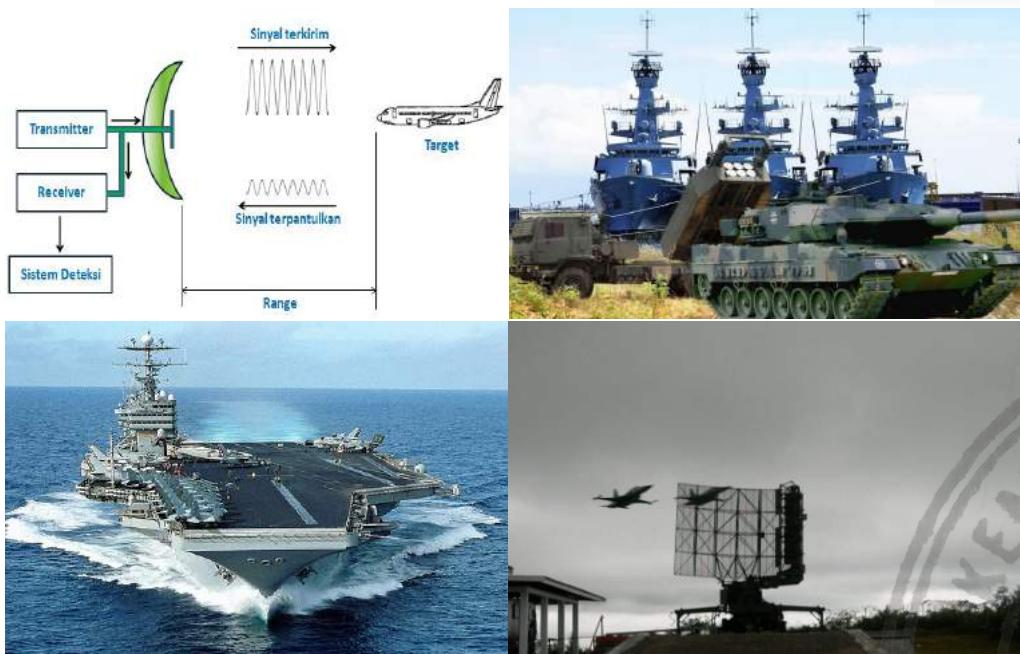
serta selektif sesuai frekuensi yang dikehendaki.

Receiver adalah penerima sinyal-sinyal pesan yang kemudian diubah kembali menjadi pesan seperti asalnya. *Receiver* disebut antena penerima yang bentuknya hampir sama dengan pemancar, antena biasa, atau parabola.

Tujuan adalah tempat yang kepadanya pesan mesti disampaikan. Peralatan sebagai penerima pesan dapat berupa radio, TV, telepon/HP, faks, atau komputer. Pesan asal berupa suara dapat diterima oleh radio atau telepon, pesan suara dan gambar oleh TV. Pesan dapat juga diterima oleh faksimili, dan kini berkembang pula teknik internet.

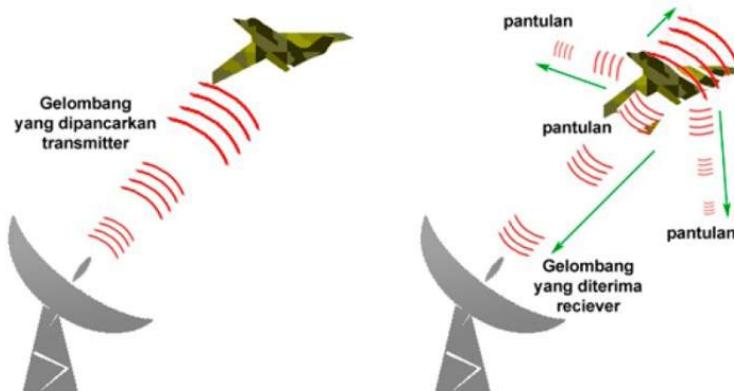
b) Faksimili dan internet

Pesan dapat pula dikirim dengan menumpang gelombang elektromagnetik. Peralatan faks biasanya menyatu dengan telepon karena menggunakan telepon sebagai alat penerima pesan. Kini berkembang pula teknik internet. Penyedia jaringan internet (*provider*) menyediakan jaringan komunikasi elektronik. Lalu-lintas data dan informasi dalam jumlah banyak dapat dikirim lewat jaringan tersebut. Pesan, informasi, atau data dapat ditulis dengan komputer untuk kemudian dimasukkan ke jaringan internet. Pesan, informasi, atau data kemudian dapat diunduh oleh penerima pesan dengan komputer pula. Teknik tersebut dimanfaatkan untuk komunikasi dalam bentuk e-mail maupun media sosial. Pengiriman data lewat internet banyak pula digunakan untuk kepentingan ilmu, bisnis, perdagangan, bahkan politik. Seperti diketahui, data hitung cepat pada pemilu legislatif, pemilu kepada daerah, maupun pemilihan presiden tak mungkin dapat dikirim tanpa bantuan internet.

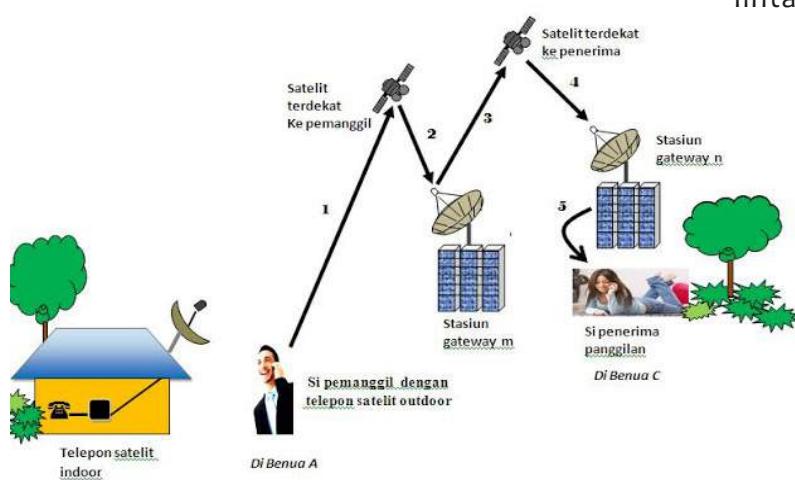
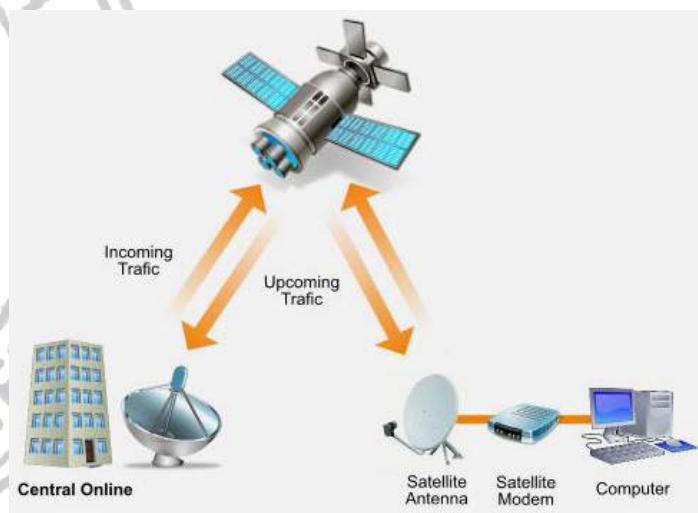
Kini kehidupan modern benar-benar tidak terpisahkan dari sistem komunikasi elektronik menggunakan

GEM sebagai pembawa informasi (*carrier*). Tampaknya, setiap orang dituntut memahami sistem komunikasi tersebut. Penjualan dan pembelian barang dapat dilakukan dengan internet. Transaksi perdagangan dapat terjadi bukan hanya tawar-menawar tentang harga, tetapi internet dapat pula mengirimkan gambar barang yang mau dijual. Melamar pekerjaan atau mendaftarkan sekolah, membeli tiket pesawat terbang atau kereta api pun dapat dilakukan melalui internet. Transaksi perbankan pun dapat dilakukan lewat elektronik, yang kita kenal sebagai ATM. Bahkan kini transaksi tersebut dapat dilakukan lewat HP dengan sangat mudah.

Namun, kemajuan transaksi keuangan secara elektronik juga membuka peluang bagi ahli-ahli elektronik jahat untuk melakukan penipuan dan kecurangan. Sudah banyak pribadi yang terkuras tabungannya di bank akibat ulah penipu. Bank dengan ahli-ahli teknologi informasi canggih pun tidak sepenuhnya aman dari pembobolan rekening nasabah. Pada hakikatnya ilmu adalah netral; ia dapat digunakan untuk kebaikan maupun keburukan. Pemikir, peneliti, pengembang, dan pengguna ilmu di bidang ini akan mendapat pahala akhirat selain keuntungan dunia jika menggunakannya secara ikhlas untuk kesejahteraan bersama.

c) *Radar*

Radar merupakan teknologi yang memanfaatkan gelombang elektromagnetik untuk navigasi atau menentukan posisi dan arah bagi kapal laut atau pesawat terbang. Dengan radar, kapal laut dapat mengetahui seberapa jauh ia berada dari tebing pantai, batu karang, atau gunung es di bawah permukaan laut. Dengan radar pula kapal selam dapat mengetahui berapa dalam ia berada dalam laut dan posisi kapal selam lain yang mengintainya. Bagi kapal terbang, radar amat penting untuk mengetahui ketinggian pesawat, ada-tidaknya pesawat di dekatnya, dan ada-tidaknya awan gelap atau badai dalam lintas perjalanannya.

Prinsip radar mirip dengan gaung suara, yakni pantulan dari suara yang dikeluarkan mengarah ke tembok atau tebing. Hasil pantulan tersebut dapat didengar sebagai gaung beberapa saat kemudian. Ada cukup jeda antara udara dan gaung karena suara berjalan lambat, sekitar 330 m/detik. Sebagai ganti gelombang suara, radiasi memanfaatkan gelombang elektromagnetik, yakni gelombang radio atau *microwave*. Kecepatan GEM yang amat cepat (300.000 km/detik) menyebabkan gaung GEM akan kembali dalam sekian per juta detik bila membentur tembok atau tebing pada jarak 1 mil atau ± 1,5 km. Mencatat waktu datang

Gambar 5.4
Fungsi radar di darat, laut, dan udara. (Sumber: sharetrace.wordpress.com; kasamago.wordpress.com; indomiliter.com)

gaung tidak dapat dilakukan dengan *stopwatch*, tetapi harus dengan alat deteksi yang disebut tabung sinar katoda (*cathode-ray tube*). Dari pulsa gelombang radio yang dipancarkan dan tepat pada layar serta titik-titik pulsa gelombang radio yang dipantulkan, jarak kapal dan tebing atau ketinggian pesawat terbang dapat dihitung secara cepat dengan menggunakan komputer.

Gambar 5.5
Pantulan gelombang mikro oleh pesawat. (Sumber: campurb. blogspot.com)

d) Telekomunikasi lewat satelit

Teknologi telekomunikasi amat dibantu oleh perkembangan teknologi satelit, yang mulai dikembangkan tahun 1960-an. Bila antena pemancar dan penerima hanya ada pada permukaan bumi, maka dapat diperkirakan kempuan komunikasinya amat terbatas. Tetapi dengan adanya satelit komunikasi di angkasa yang juga berfungsi sebagai pemancar dan penerima, maka jangkauan layanan akan jauh lebih luas, dapat menjangkau hampir seluruh bagian bumi.

Jadi, satelit di angkasa hakikatnya adalah antena penerima sinyal-sinyal pesan dari antena pemancar di bumi dan kemudian dipancarkan ke antena penerima (*receiver*) di bumi. Dengan demikian akan diperoleh area layanan komunikasi yang lebih luas daripada belahan bumi. Masalahnya adalah satelit terus bergerak, sedang antena pemancar dan penerima di bumi diam atau statis. Akibatnya, efektivitas satelit amat bergantung pada posisinya relatif terhadap bumi, sehingga terkadang satelit dapat menerima dan memancarkan sinyal dari bumi dengan baik, kadang kala tidak pas. Untuk mengatasi hal tersebut, satelit diletakkan pada lintasan yang tepat

Gambar 5.6
Prinsip kerja satelit.
(Sumber: ict-by-me. blogspot.com; centraonline.net)

agar kecepatan mengelilingi bumi sama dengan waktu rotasi bumi. Dengan demikian satelit menjadi statis terhadap bumi. Jelas bahwa jarak jangkauan komunikasi lewat satelit akan lebih jauh daripada antar-pemancar dan penerima di bumi. Tetapi, jarak satelit ke bumi beberapa ribu kilometer tak ada artinya dibanding kecepatan gelombang elektromagnetik sebagai pembawa pesan sebesar 300.000 km/detik.

Komunikasi dengan telepon, televisi, faks, internet, dan sebagainya menjadi lebih sempurna berkat jasa satelit komunikasi. Hal ini mengingatkan kita pada firman Allah,

اِقْرَأْ وَرَبُّكَ الْاَكْرَمُۙ ﴿٣﴾ الَّذِيْ عَلَّمَ بِالْقَلَمِۙ ﴿٤﴾ عَلَّمَ الْاِنْسَانَ مَا لَمْ يَعْلَمْۗ ﴿٥﴾

Bacalah, dan Tuhanmulah Yang Mahamulia, Yang mengajar (manusia) dengan pena. Dia mengajarkan manusia apa yang tidak diketahuinya. (al-'Alaq/96: 3–5)

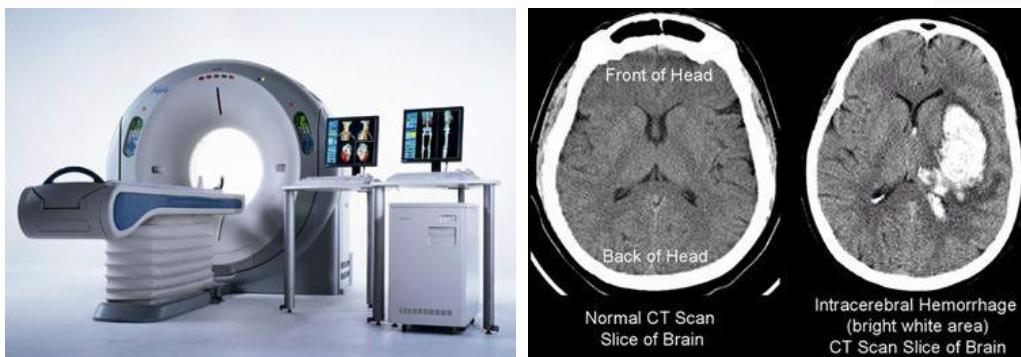
Ayat ini menunjukkan bahwa manusia memang dapat diajari dan mengajarkan ilmu dengan tulisan. Bahkan, kini tulisan dapat direkam secara elektronik dan disebarkan ke seluruh dunia dengan amat cepat.

2. Pemanfaatan GEM di Bidang Kedokteran

Di bidang kedokteran, banyak teknik dan peralatan yang memanfaatkan gelombang elektromagnetik sebagai sarana diagnosis dan pengobatan. Di antara teknik diagnosa adalah pemeriksaan Sinar-X, CTScan, USG, dan MRI, sedangkan penggunaan GEM untuk pengobatan adalah radioterapi, yakni penggunaan sinar radioaktif (sinar γ) untuk mematikan sel kanker. Kelima teknik di atas akan dibahas secara sederhana agar dapat diketahui manfaatnya serta bahaya-tidaknya teknik tersebut.

a) Röntgen

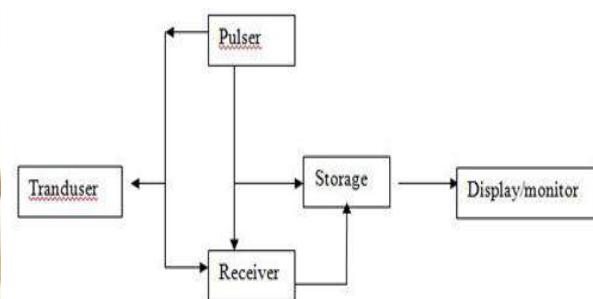
Foto Röntgen telah banyak dikenal masyarakat untuk mengetahui adanya kelainan atau kerusakan tulang. Teknik tersebut menggunakan Sinar-X (disebut juga sinar Röntgen), yakni GEM dengan panjang gelombang sangat pendek, berukuran Ångstrom (Å) yang setara dengan 10^{-10} m atau 10^{-8} m. Sinar-X berenergi besar, dapat menembus benda padat seperti daging, tetapi tidak dapat menembus tulang. Oleh karena itu Sinar-X dapat digunakan untuk mengambil foto tulang yang retak, patah, atau bergeser dari posisi sebenarnya. Dari gambar tersebut dokter dapat mengambil tindakan pengobatan atau pembedahan dengan tepat. Dengan foto Röntgen juga dokter bedah dapat mengevaluasi hasil pembedahan, sudahkah tulang tersambung secara benar.

Gambar 5.7
Foto Röntgen tulang kaki dan gigi.
(Sumber: archive.kaskus.co.id; rioprima.blogspot.com)

Kini beberapa ahli urut atau pijat tulang juga memerlukan foto Röntgen untuk membantu penataan tulang yang cedera. Foto Röntgen dapat pula digunakan untuk mengetahui kelainan atau kerusakan gigi, demikian juga posisi pertumbuhan gigi yang salah sehingga mengganggu saraf yang menyebabkan pusing atau pingsan. Dengan pemeriksaan X-ray, dokter dapat melakukan tindakan yang tepat, baik pengobatan atau pencabutan gigi. Pemeriksaan Sinar-X juga amat penting dalam diagnosis keberadaan batu ginjal. Tindakan yang tepat dapat mengurangi penderitaan pasien dan memulihkan kembali fungsi ginjal yang amat penting dalam proses penyaringan darah dan kesetimbangan cairan dalam tubuh. Meski banyak manfaatnya, Sinar-X amat berbahaya karena dapat merusak jaringan tubuh. Karena itu, penggunaannya cukup terbatas. Operator peralatan Sinar-X pun harus menggunakan detektor untuk menjaga agar paparan Sinar-X tidak melampaui batas maksimum.

b) CTScan (Computed Tomography Scan)

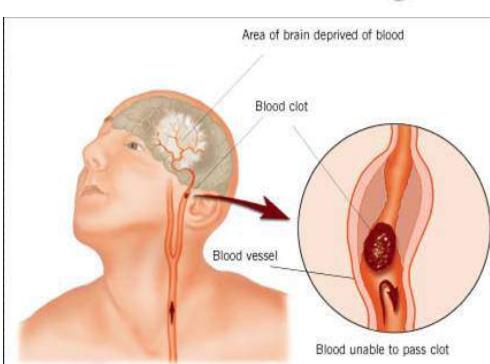
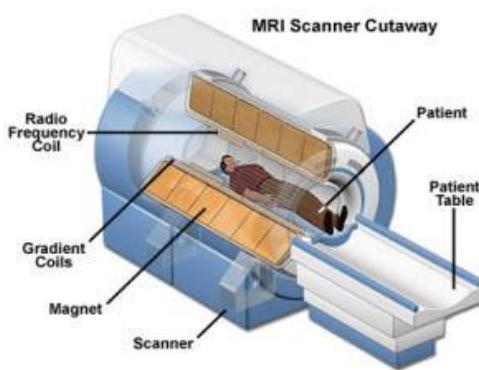
CTScan adalah peralatan canggih untuk mengetahui kelainan pada jaringan tubuh seperti otak akibat benturan kepala atau terkena stroke. Peralatan CTScan menggunakan impuls-impuls Sinar-X yang dipancarkan ke arah organ sasaran, di mana pantulan sinar tersebut dapat ditangkap dan diolah dalam bentuk gambar pada layar komputer.

Suatu contoh, seseorang yang terkena stroke dapat mengalami lumpuh, tremor, susah bicara, atau hilang ingatan (koma). Stroke dapat disebabkan

Gambar 5.8
Alat CTScan dan hasil foto pendarahan otak. (Sumber: bismacenter.ning.com; klikharry.com)

oleh pecahnya pembuluh darah ke otak akibat tekanan darah tinggi atau penyumbatan akibat endapan kolesterol atau lainnya. Dengan CTScan kedua sebab dapat dibedakan dan pemberian tindakan dapat dilakukan dengan cepat dan tepat. Sebagaimana Sinar-X, pemeriksaan dengan CTScan juga menggunakan Sinar-X sehingga mesti digunakan secara terbatas.

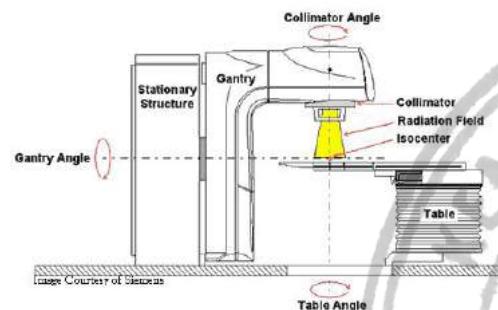
c) USG (Ultrasonography)

Teknik Ultrasonografi (USG) banyak digunakan untuk mengetahui kelainan dalam tubuh karena adanya massa padat atau cairan. USG menggunakan gelombang ultrasonik, suatu radiasi gelombang yang berenergi rendah sehingga tidak membahayakan. Pantulan gelombang ultrasonik yang dipancarkan pada organ sasaran seperti usus atau rahim dapat direkam dan diolah di komputer dalam bentuk gambar.

Pemeriksaan USG dapat digunakan untuk mengetahui adanya massa tumor, kanker, atau kelainan lain dalam usus atau rahim. USG juga dapat

Gambar 5.9
Diagram USG dan fungsinya. (Sumber: rahmawatifattah.blogspot.com; globalfmlombok.com)

digunakan untuk mengetahui adanya pembesaran kelenjar prostat yang menganggu kelancaran kencing. Berdasarkan pemeriksaan itu dapat diambil tindakan tepat, yakni pengobatan atau pembedahan. Kini USG banyak digunakan untuk memeriksa ada-tidaknya kehamilan pada ibu. Tidak hanya itu, dengan USG pula dapat diketahui apakah janin berkelamin laki-laki atau perempuan. Lebih penting lagi, USG dapat mengetahui posisi janin sebelum dilahirkan sehingga dapat memperkirakan kelahiran normal atau harus melalui operasi sesar. Pemeriksaan USG tidak membahayakan karena menggunakan gelombang ultrasonik yang tidak berbahaya. Dengan demikian, pemeriksaan dapat dilakukan berulang-ulang, tidak seperti pemeriksaan Röntgen atau CTScan.

d) *MRI (Magnetic Resonance Imaging)*

MRI termasuk teknologi canggih untuk mengetahui adanya kelainan jaringan tubuh yang lunak, seperti otak, saraf, atau liver. Teknik MRI hakikatnya adalah spektroskopi resonansi magnetik (*Nuclear magnetic resonance* atau NMR). GEM yang digunakan adalah gelombang radio yang tidak berbahaya karena berenergi rendah (panjang gelombang berukuran meter sampai kilometer). Tetapi, masyarakat akan takut bila melihat nama *nuclear* dalam nama di atas karena terasosiasi dengan radiasi nuklir. Karena itu, nama tersebut diganti menjadi *Magnetic Resonance Imaging* yang terdengar lebih bersahabat. Pasien yang menjalani pemeriksaan MRI akan merasakan adanya suara dentuman yang tak lain adalah GEM pada daerah gelombang radio. GEM tersebut oleh organ sasaran akan dipantulkan dan ditangkap serta diolah oleh komputer dalam bentuk gambar yang maknanya hanya diketahui oleh dokter ahli.

Gambar 5.10
Pemeriksaan MRI dan pasein gangguan otak.
(Sumber: pamujiandri.wordpress.com; tams-ori.blogspot.com)

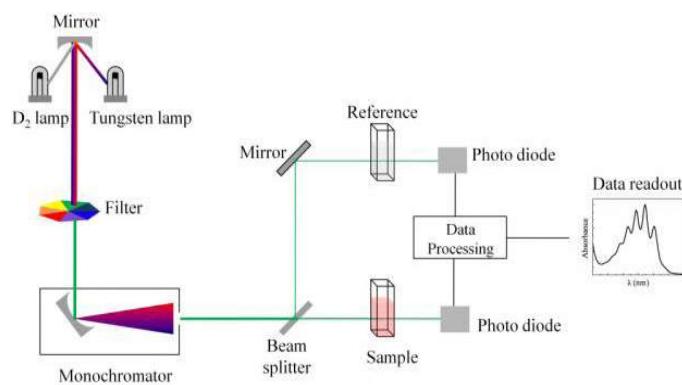
Rumitnya interpretasi data memungkinkan adanya perbedaan dalam hasil diagnosis oleh dokter. Untuk itu diperlukan studi banding terhadap pemeriksaan CTScan. Keduanya akan saling melengkapi (komplementer) untuk memperoleh diagnosis yang benar dan pengambilan tindakan yang tepat. Pemeriksaan MRI tidak berbahaya sehingga dapat dilakukan berulang-ulang. Kecuali biayanya yang mahal, MRI amat penting untuk mendiagnosis seseorang yang dikhawatirkan menderita gangguan otak dan saraf, yang ditandai sering pusing atau pingsan.

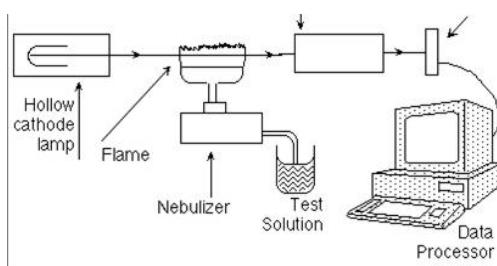
Gambar 5.11
Alat dan diagram radioterapi. (Sumber: thietbiysinh.wordpress.com; chimiotherapie-info.e-monsite.com)

e) Radioterapi

Pengobatan dengan radiasi seperti sinar disebut radiasi terapi karena memang menggunakan zat radioaktif. Sinar-γ yang dipancarkan oleh zat radioaktif tersebut berenergi amat besar karena mempunyai panjang gelombang yang lebih pendek daripada Sinar-X (Lihat spektrum GEM).

Sel kanker yang ganas dapat dimatikan dengan ditembak menggunakan sinar-γ tersebut, sehingga tidak berkembang biak atau menyebar kemana-mana. Biasanya, radioterapi dikombinasikan dengan kemotrapi untuk mengkedapi sel kanker ganas, apalagi bila telah sampai pada stadium membahayakan jiwa. Kemotrapi (*Chemotheraphy*) berbeda dengan radioterapi. Kemotrapi menggunakan bahan kimia dengan jenis dan dosis tertentu dan telah menunjukkan keberhasilannya dalam menaklukkan penyakit leukimia atau kanker darah ganas. Teknik mana atau kombinasi teknik yang digunakan bergantung pada jenis dan keberadaan kanker serta stadiumnya.

3. Pemanfaatan GEM di Bidang Kimia

Pemanfaatan gelombang elektromagnetik dalam bidang kimia didasarkan pada kenyataan bahwa GEM dapat berinteraksi dengan benda atau materi. Komponen listrik dalam GEM

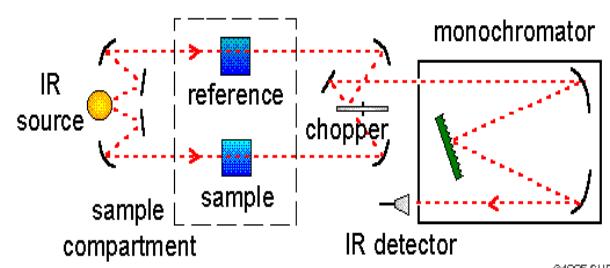
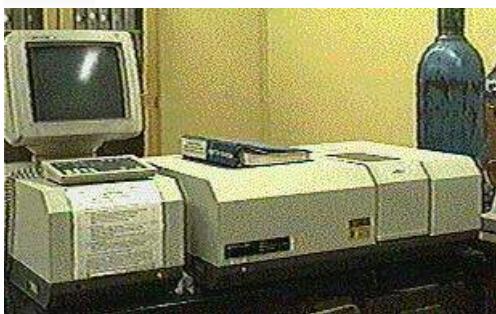
adalah komponen yang bertanggung jawab terhadap adanya interaksi yang dapat berupa absorpsi, emisi, atau hamburan. Adanya interaksi mengubah karakteristik GEM dalam bentuk sinyal-sinyal listrik. Sinyal-sinyal listrik tersebut dapat digunakan untuk analisis, baik kualitatif maupun kuantitatif, bargantung pada jenis spektroskopi di antaranya spektroskopi ultraviolet/cahaya tampak (UV/Vis), spektroskopi inframerah (IR), spektroskopi resonansi magnetik inti (NMR, *Nuclear Magnetic Resonance*), spektroskopi absorpsi atom (AAS), difraksi Sinar-X, spektrograf, *Inductively Coupled Plasma* (ICP), dan lain-lain. Berikut adalah beberapa manfaat teknik spektroskopi.

a) *Analisis kimia*

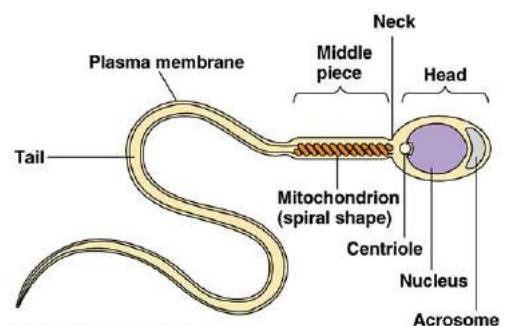
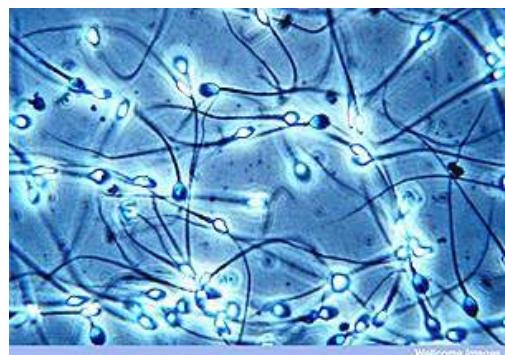
Spektroskopi merupakan teknik analisis kimia yang amat ampuh untuk menentukan jenis dan jumlah bahan dalam suatu benda atau campuran. Menentukan jenis bahan disebut analisis kualitatif. Misalnya jenis vitamin dalam makanan, komponen aktif obat-obatan, logam-logam dalam mineral; dan jenis cemaran di udara, air, dan tanah. Adapun penentuan jumlah komponen-komponen di atas disebut analisis kuantitatif. Mengetahui jumlah (*kuantitatif*) adalah penting untuk mengetahui kualitas semisal makanan dan minuman, kosmetika, obat-obatan, mineral, dan lingkungan. Analisis spektroskopi juga dapat membantu mendeteksi adanya narkoba atau doping dalam darah atau urine penggunanya. Spektroskopi dapat mengalahkan kebohongan dan kecurangan karena pengguna tidak dapat berkilah menghadapi bukti analisis tersebut. Berikut ini adalah gambar alat-alat untuk analisis kimia.

Gambar 5.12
Alat dan diagram Spektrofotometer UV/Vis.
(Sumber: jasakalibrasi.net; biologi.lipi.go.id)

Gambar 5.13
Alat dan diagram Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS).
(Sumber: azumitensai.blogspot.com; om-adit-kesling.blogspot.com)

b) Menentukan struktur molekul

Spektroskopi adalah satu-satunya teknik yang mumpuni untuk analisis penetapan atau elusidasi struktur kimia suatu bahan. Teknik spektroskopi Inframerah (IR), merupakan *nuclear magnetic resonance* (NMR) dan spektroskopi massa (MS) adalah senjata utamanya. Seperti diketahui, rumus molekuler (H_2O), metanol (CH_3OH), etanol (C_2H_5OH), Vitamin C (Asam askorbat), Vitamin A, dan sebagainya, mempunyai struktur molekul termasuk arsitektur molekul yang telah ditentukan secara spektroskopi. Dengan mengetahui struktur molekul, bahan tersebut dapat dibuat secara sintetis. Dengan demikian, bahan itu dapat dibuat secara sintetis dalam jumlah besar, yang tidak mungkin dipasok oleh buah atau sayur. Banyak sekali obat seperti parasetamol, antibiotika, obat antikanker, dan lain-lain, telah dapat disintesis besar-besaran. Demikian pula zat warna alami dalam tanaman dan buah-buahan dapat ditiru setelah diten-tukan struktur molekulnya untuk dikembangkan menjadi aneka zat warna untuk makanan, pakaian, cat, dan sebaginya. Dalam dunia pertanian, penciptaan dan produksi pupuk dan pestisida tidak terpisahkan dari jasa spektroskopi yang kemudian diikuti dengan sintesis kimia. Kini lebih dari 90% analisis klinik sebagai dasar diagnosis penyakit menggunakan teknik spektroskopi. Berikut adalah gambar alat-alat untuk menentukan struktur kimia.

Gambar 5.14
Diagram IR. (Sumber: www.chemicool.com)

Gambar 5.15
Infrared Spectrophotometer. (Sumber: Dok. pribadi Prof. Dr. Umar A. Jenie)

Gambar 5.16
Spektrofotometer FT-NMR 900MHz di Birmingham, Inggris. (Sumber: Dok. pribadi Prof. Dr. Umar A. Jenie)

c) *Menentukan kecepatan partikel bergerak*

Spektroskopi, dengan menggunakan teknik radar, dapat digunakan untuk menentukan kecepatan partikel bergerak. Teknik tersebut disebut *Photon Correlation Spektroscopy* (PCS). Alat tersebut amat bermanfaat untuk diagnosis fertilitas. Dengan PCS dapat diketahui apakah ketidaksuburan laki-laki disebabkan sedikitnya jumlah sperma, pergerakannya yang lamban, atau kombinasi keduanya.

Gambar 5.17
Sperma manusia. (Sumber: memo.cgu.edu.twi; io9.com)

Dari data PCS tersebut dokter dapat memberi diagnosis dan pengobatan yang tepat. Teknik tersebut semula dikembangkan di Inggris dan Australia, dan kini telah banyak digunakan di berbagai negara, mungkin juga Indonesia.

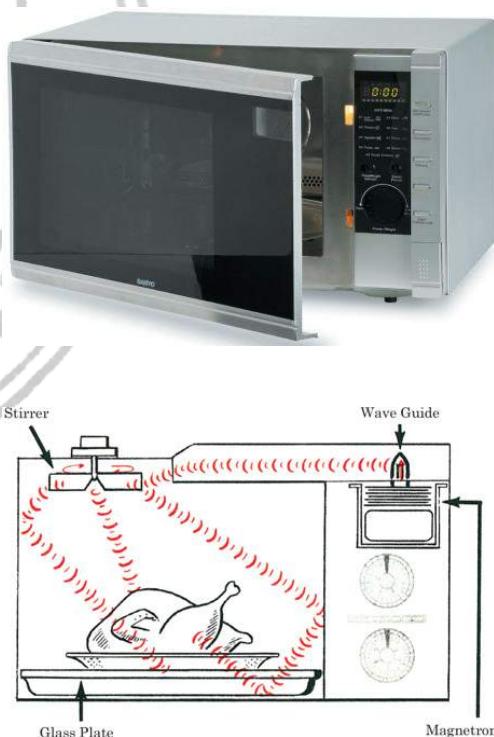
4. Pemanfaatan GEM di Bidang Pertanian

Salah satu jenis GEM yang bermanfaat dalam bidang pertanian adalah sinar radioaktif, yakni sinar-γ. Seperti dijelaskan sebelumnya, sinar-γ yang berpanjang gelombang terpendek di antara GEM mempunyai energi amat besar. Energi yang amat besar tersebut dimanfaatkan untuk usaha pemuliaan tanaman atau perbaikan jenis tanaman dari perbaikan kualitas biji, seperti perbaikan benih padi, kedelai, dan sebagainya. Mekanisme perbaikan diakibatkan oleh interaksi antara sinar-γ dengan DNA (*deoxyribonucleic acid*). DNA adalah komponen genetik yang amat penting dalam menentukan sifat makhluk hidup seperti manusia, hewan, dan tumbuhan.

Akibat pemaparan oleh sinar-γ, DNA yang merupakan penyusun utama inti sel akan mengalami perubahan. Perubahan DNA tersebut akan membawa perubahan kualitas tanaman dan sifatnya menurun pula. Namun, efek radiasi terhadap perubahan gen tersebut masih bersifat acak (*at random*), belum dapat diprediksi dengan baik. Untuk itu biji-bijian yang telah diradiasi dengan berbagai dosis ditumbuhkan diamati hasil panennya. Dari pengamatan tersebut dapat dipilih biji yang unggul dalam arti jumlah produksi per satuan luas, usia panen lebih pendek, tahan penyakit, dan rasa lebih enak. Demikian cara perolehan bibit unggul di Indonesia seperti bibit padi dan kedelai.

Teknologi pemuliaan tanaman sangat penting bagi negara agraris seperti Indonesia. Di Asia, Thailand adalah negara yang amat intensif melakukan penelitian dan pengembangan dalam pemuliaan tanaman. Tidak hanya pada biji-bijian dengan cara radiasi, tetapi juga dengan berbagai cara untuk perbaikan buah-buahan dan sayur-sayuran. Negara yang tidak mempunyai sumber minyak bumi ini mengandalkan ekspor hasil pertanian, terutama buah-buahannya yang merajai dunia.

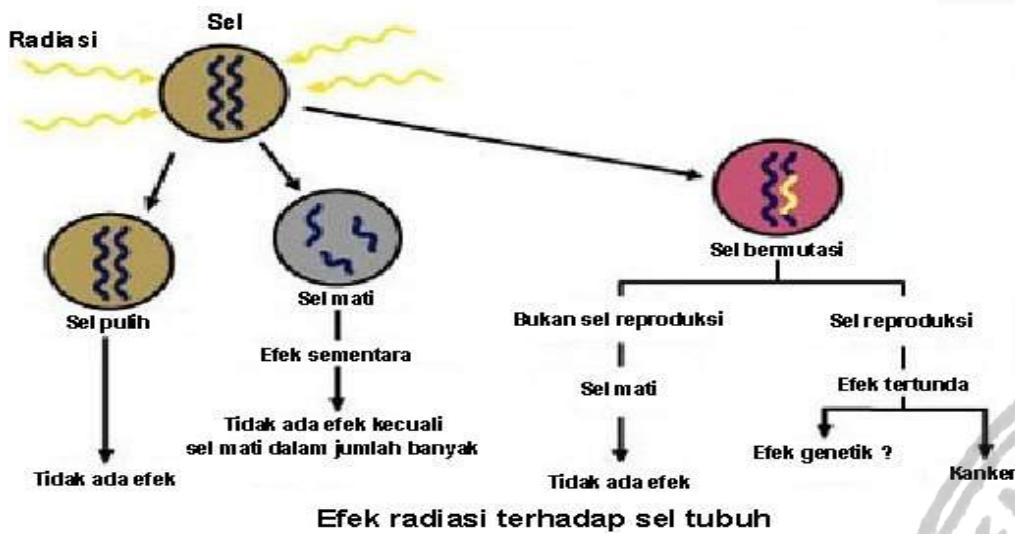
5. Pemanfaatan GEM dalam Pengolahan Makanan

Gelombang elektromagnetik mempunyai beberapa manfaat dalam pengolahan makanan, di antaranya:

a) Pemanasan makanan (microwave oven)

Alat pemanas makanan atau *microwave oven* telah banyak dikenal ma-

syarakat, utamanya kalangan menengah ke atas. *Microwave* banyak dipakai di restoran dan hotel untuk memanaskan makanan dengan sangat cepat, bahkan hanya dalam beberapa puluh detik. Teknik tersebut ditemukan secara tidak sengaja oleh Percy Lebaron Spencer, seorang peneliti AS, pada 1945. Saat itu ia meneliti kemampuan sebuah radar dan melewati sebuah radiator/magnetron yang sedang bekerja, dan ternyata ia mendapati cokelat di saku celananya meleleh. Dari

Gambar 5.18
Alat dan diagram Microwave Oven.
(Sumber: cabinetmagazine.org; kaskus.co.id)

situlah ia mulai melakukan penelitian tentang pemanfaatan gelombang mikro untuk memanaskan bahan makanan. Memanasnya makanan ini disebabkan oleh resonansi molekul air dalam makanan.

Molekul air (H_2O) yang teresonansi bergetar dengan kecepatan tinggi, menyebabkan panas. Kue, tahu dan tempe goreng, daging dan ikan, dengan cepat menjadi panas, tetapi piring tempat makanan tetap dingin karena ia tidak mengandung air sehingga tidak terpanaskan. Kini, pemanas *microwave* amat populer dalam proses pemasakan makanan. Di laboratorium *microwave* banyak digunakan sebagai alat pemanas untuk mempercepat reaksi, destruksi, atau perarutan bahan.

b) Pengawetan biji-bijian

Produk ekspor seperti biji-bijian dan rempah-rempah banyak mengalami kerusakan akibat insekta atau bakteri yang tumbuh dan berkembang biak. GEM, dalam hal ini sinar-γ, dapat mengatasi masalah tersebut. Paparan sinar-γ pada produk-produk ini akan menjadikannya bebas insekta atau bakteri sehingga aman untuk diekspor. Karena radiasi hanya dilewatkan beberapa saat, radiasi tidak meninggalkan bekas dan produk makanan tetap aman dikonsumsi. []

Gambar 5.19
Skema pengawetan produk dengan radiasi.
(Sumber: batan.go.id; iptekpendidikan.blogspot.com)

BAB VI
CAHAYA DALAM ARTI KIASAN

Dalam bab-bab sebelumnya kita telah membahas dan menguraikan hampir semua aspek dan fenomena yang berhubungan dengan cahaya secara sains. Ayat demi ayat berulang kali dikemukakan untuk menjadi dasar nilai terhadap kajian ilmiah dari berbagai sudut pandang. Apa pun yang sudah dihasilkan hari ini bukan suatu yang tidak mungkin besok atau lusa akan berubah menjadi pandangan yang lebih sempurna, mengikuti perkembangan sains.

Ada makna lain dari kata "cahaya" yang pada kesempatan ini diistilahkan dengan sebutan cahaya dalam arti kiasan. Disebut sebagai kiasan karena istilah cahaya ini akrab dan dekat dengan konotasi pengertian "sesuatu yang baik" atau "sesuatu yang hak". Cahaya dalam makna demikian adalah sesuatu yang sangat bermanfaat, mendatangkan ketenangan hati dan kebahagian dalam kehidupan di dunia dan akhirat.

Kata cahaya atau *nūr* banyak ditemukan dalam Al-Qur'an. Kata ini berulang kali muncul dengan makna-makna yang berbeda, sesuai dengan konteks permasalahan yang dibicarakan. Meski demikian, seluruh makna kata cahaya yang digunakan dalam ayat-ayat tersebut selalu menyatu dengan makna kemahabenaran, cahaya ilahi, penerang segala bentuk kegelapan. Dengan

mencermati masing-masing ayat serta memperhatikan *asbāb an-nuzūl*-nya, makna atau pengertian terkias dalam kata cahaya dapat dibedakan.

A. CAHAYA BERMAKNA NABI MUHAMMAD

Dalam Surah al-Mā'idah/5: 15 Allah berfirman,

يٰٓاَهْلَ الْكِتٰبِ قَدْ جَاۤءَكُمْ رَسُوْلُنَا يُبَيِّنُ لَكُمْ كَثِيْرًا مِّمَّا كُنْتُمْ تُخْفُوْنَ مِنَ الْكِتٰبِ وَيَعْفُوْا عَنْ كَثِيْرٍ ەۗ قَدْ جَاۤءَكُمْ مِّنَ اللّٰهِ نُوْرٌ وَّكِتٰبٌ مُّبِيْنٌ ۙ ﴿١٥﴾

Wahai Ahli Kitab! Sungguh, Rasul Kami telah datang kepadamu, menjelaskan kepadamu banyak hal dari (isi) kitab yang kamu sembunyikan, dan banyak (pula) yang dibiarkannya. Sungguh, telah datang kepadamu cahaya dari Allah, dan Kitab yang menjelaskan. (al-Mā'idah/5: 15)

Dari ayat ini dapat dipahami bahwa orang yang datang kepada Ahli kitab adalah Nabi Muhammad. Disebut cahaya karena beliau memberi penerang akidah bagi mereka yang banyak berselisih akibat adanya beberapa ayat dalam Injil yang disembunyikan atau disalahartikan. Nabi Muhammad dengan Al-Qur'an telah memberi penerang kegelapan akidah, terutama berkaitan dengan pengultusan Nabi Isa. Dengan tegas dinyatakan bahwa Isa adalah seorang Nabi, bukan Tuhan dan bukan pula anak Tuhan seperti yang mereka sangkakan. Allah berfirman,

لَقَدْ كَفَرَ الَّذِيْنَ قَالُوْٓا اِنَّ اللّٰهَ هُوَ الْمَسِيْحُ ابْنُ مَرْيَمَ ۗ وَقَالَ الْمَسِيْحُ يٰبَنِيْٓ اِسْرَاۤءِيْلَ اعْبُدُوا اللّٰهَ رَبِّيْ وَرَبَّكُمْ ۗ اِنَّهٗ مَنْ يُّشْرِكْ بِاللّٰهِ فَقَدْ حَرَّمَ اللّٰهُ عَلَيْهِ الْجَنَّةَ وَمَأْوٰىهُ النَّارُ ۗ وَمَا لِلظّٰلِمِيْنَ مِنْ اَنْصَارٍ ﴿٧٢﴾

Sungguh, telah kafir orang-orang yang berkata, "Sesungguhnya Allah itu dialah Al-Masih putra Maryam." Padahal Al-Masih (sendiri) berkata, "Wahai Bani Israil! Sembahlah Allah, Tuhanku dan Tuhanmu." Sesungguhnya barangsiapa mempersekutukan (sesuatu dengan) Allah, maka sungguh, Allah mengharamkan surga baginya, dan tempatnya ialah neraka. Dan tidak ada seorang penolong pun bagi orang-orang zalim itu. (al-Mā'idah/5: 72)

يٰٓاَهْلَ الْكِتٰبِ لَا تَغْلُوْا فِيْ دِيْنِكُمْ وَلَا تَقُوْلُوْا عَلَى اللّٰهِ اِلَّا الْحَقَّ ۗ اِنَّمَا الْمَسِيْحُ عِيْسَى ابْنُ مَرْيَمَ رَسُوْلُ اللّٰهِ وَكَلِمَتُهٗ ۚ اَلْقٰهَآ اِلٰى مَرْيَمَ وَرُوْحٌ مِّنْهُ ۖ فَاٰمِنُوْا بِاللّٰهِ وَرُسُلِهٖ ۗ وَلَا تَقُوْلُوْا ثَلٰثَةٌ ۗ اِنْتَهُوْا خَيْرًا لَّكُمْ ۗ اِنَّمَا اللّٰهُ اِلٰهٌ وَّاحِدٌ ۗ سُبْحٰنَهٗٓ اَنْ يَّكُوْنَ لَهٗ وَلَدٌ ۘ لَهٗ مَا فِى السَّمٰوٰتِ وَمَا فِى الْاَرْضِ ۗ وَكَفٰى بِاللّٰهِ وَكِيْلًا ࣖ ﴿١٧١﴾

Wahai Ahli Kitab! Janganlah kamu melampaui batas dalam agamamu, dan janganlah kamu

mengatakan terhadap Allah kecuali yang benar. Sungguh, Al-Masih Isa putra Maryam itu adalah utusan Allah dan (yang diciptakan dengan) kalimat-Nya yang disampaikan-Nya kepada Maryam, dan (dengan tiupan) roh dari-Nya. Maka berimanlah kepada Allah dan rasul-rasul-Nya dan janganlah kamu mengatakan, "(Tuhan itu) tiga," berhentilah (dari ucapan itu). (Itu) lebih baik bagimu. Sesungguhnya Allah Tuhan Yang Maha Esa, Mahasuci Dia dari (anggapan) mempunyai anak. Milik-Nyalah apa yang ada di langit dan apa yang ada di bumi. Dan cukuplah Allah sebagai pelindung. (an-Nisā'/4: 171)

Ketegasan firman Allah yang diwahyukan kepada Nabi Muhammad di atas telah menjadi cahaya penerang zaman gelap pada waktu itu. Zaman kegelapan tersebut telah meliputi tidak hanya kaum Yahudi, tetapi juga umat Nasrani yang mengikuti konsep Trinitas, ratusan tahun setelah Nabi Isa wafat. Bahkan, sampai sekarang kaum Nasrani masih berpegang teguh pada konsep tersebut yang amat bertentangan dengan ajaran Al-Qur'an.

B. CAHAYA BERMAKNA AL-QUR'AN DAN KITAB SUCI LAINNYA

Sebagai penerang dalam kegelapan, cahaya atau *nūr* dalam Surah al-Mā'idah/5: 15 di atas dapat pula berarti Al-Qur'an. Hal ini didukung oleh ayat-ayat yang lain, di antaranya firman-firman Allah berikut.

يٰٓاَيُّهَا النَّاسُ قَدْ جَاۤءَكُمْ بُرْهَانٌ مِّنْ رَّبِّكُمْ وَاَنْزَلْنَآ اِلَيْكُمْ نُوْرًا مُّبِيْنًا ﴿١٧٤﴾

Wahai manusia! Sesungguhnya telah sampai kepadamu bukti kebenaran dari Tuhanmu, (Muhammad dengan mukjizatnya) dan telah Kami turunkan kepadamu cahaya yang terang benderang (Al-Qur'an). (an-Nisā'/4: 174)

فَاٰمِنُوْا بِاللّٰهِ وَرَسُوْلِهٖ وَالنُّوْرِ الَّذِيْٓ اَنْزَلْنَاۗ وَاللّٰهُ بِمَا تَعْمَلُوْنَ خَبِيْرٌ ﴿٨﴾

Maka berimanlah kamu kepada Allah dan Rasul-Nya dan kepada cahaya (Al-Qur'an) yang telah Kami turunkan. Dan Allah Mahateliti terhadap apa yang kamu kerjakan. (at-Tagābun/64: 8)

Dari kedua ayat di atas jelas bahwa Al-Qur'an mengandung tuntunan hidup yang sempurna bagi kehidupan manusia. Ia adalah cahaya yang menerangi jalan manusia menuju Tuhannya. Bila cahaya sebagai gelombang elektromagnetik menuntun mata manusia, cahaya dalam arti kiasan ini menuntun mata hati manusia. Bila demikian, orang-orang yang tidak mempedulikan atau mendustakan Al-Qur'an akan ditimpa kegelapan atau kebutaan, sebagaimana firman Allah,

وَمَنْ اَعْرَضَ عَنْ ذِكْرِيْ فَاِنَّ لَهٗ مَعِيْشَةً ضَنْكًا وَّنَحْشُرُهٗ يَوْمَ الْقِيٰمَةِ اَعْمٰى ﴿١٢٤﴾ قَالَ رَبِّ لِمَ حَشَرْتَنِيْٓ اَعْمٰى وَقَدْ كُنْتُ بَصِيْرًا ﴿١٢٥﴾

Dan barang siapa berpaling dari peringatan-Ku, maka sungguh, dia akan menjalani kehidupan yang sempit, dan Kami akan mengumpulkannya pada hari Kiamat dalam keadaan buta. Dia berkata, "Ya Tuhanku, mengapa Engkau kumpulkan aku dalam keadaan buta, padahal dahulu aku dapat melihat?" (Ṭāhā/20: 124–125)

Ayat-ayat di atas menunjukkan bahwa Al-Qur'an menjadi penuntun dan penerang rohani manusia, baik di dunia maupun akhirat. Dapat pula dipahami bahwa *nūr* atau cahaya tidak hanya bermakna Al-Qur'an, tetapi juga kitab-kitab suci sebelumnya, Taurat dan Injil, sebagaimana firman Allah,

وَقَفَّيْنَا عَلٰٓى اٰثَارِهِمْ بِعِيْسَى ابْنِ مَرْيَمَ مُصَدِّقًا لِّمَا بَيْنَ يَدَيْهِ مِنَ التَّوْرٰىةِ ۖ وَاٰتَيْنٰهُ الْاِنْجِيْلَ فِيْهِ هُدًى وَّنُوْرٌۙ وَّمُصَدِّقًا لِّمَا بَيْنَ يَدَيْهِ مِنَ التَّوْرٰىةِ وَهُدًى وَّمَوْعِظَةً لِّلْمُتَّقِيْنَ ۗ ٤٦

Dan Kami teruskan jejak mereka dengan mengutus Isa putra Maryam, membenarkan Kitab yang sebelumnya, yaitu Taurat. Dan Kami menurunkan Injil kepadanya, di dalamnya terdapat petunjuk dan cahaya, dan membenarkan Kitab yang sebelumnya yaitu Taurat, dan sebagai petunjuk serta pengajaran untuk orang-orang yang bertakwa. (al-Mā'idah/5: 46)

Ayat ini menunjukkan bahwa Taurat, Injil, dan Al-Qur'an menjadi petunjuk dan penerang rohani manusia. Kitab-kitab suci ini pada hakikatnya merupakan cahaya yang keluar dari jendela yang sama, yakni Allah.

C. CAHAYA BERMAKNA AGAMA ISLAM

Islam adalah agama yang Allah turunkan kepada manusia melalui para nabi dan rasul pembawa kita-kitab suci. Nabi terakhir, Nabi Muhammad, datang dengan kitab terakhir pula, Al-Qur'an. Dengan demikian, secara keseluruhan agama Islam adalah kumpulan cahaya yang menerangi kehidupan manusia. Hal ini sesuai dengan firman Allah,

يٰٓاَيُّهَا النَّبِيُّ اِنَّآ اَرْسَلْنٰكَ شَاهِدًا وَّمُبَشِّرًا وَّنَذِيْرًاۙ ٤٥ وَّدَاعِيًا اِلَى اللّٰهِ بِاِذْنِهٖ وَسِرَاجًا مُّنِيْرًا ٤٦

Wahai Nabi! Sesungguhnya Kami mengutusmu untuk menjadi saksi, pembawa kabar gembira dan pemberi peringatan, dan untuk menjadi penyeru kepada (agama) Allah dengan izin-Nya dan sebagai cahaya yang menerangi. (al-Aḥzāb/33: 45–46)

Yang dimaksud agama Allah pada ayat di atas adalah Islam, sebagaimana tersebut firman-Nya yang lain,

اِنَّ الدِّيْنَ عِنْدَ اللّٰهِ الْاِسْلَامُ ۗ وَمَا اخْتَلَفَ الَّذِيْنَ اُوْتُوا الْكِتٰبَ اِلَّا مِنْۢ بَعْدِ مَا جَاۤءَهُمُ الْعِلْمُ بَغْيًاۢ بَيْنَهُمْ ۗ وَمَنْ يَّكْفُرْ بِاٰيٰتِ اللّٰهِ فَاِنَّ اللّٰهَ سَرِيْعُ الْحِسَابِ ١٩

Sesungguhnya agama di sisi Allah ialah Islam. Tidaklah berselisih orang-orang yang telah diberi Kitab kecuali setelah mereka memperoleh ilmu, karena kedengkian di antara mereka. Barang siapa ingkar terhadap ayat-ayat Allah, maka sungguh, Allah sangat cepat perhitungan-Nya. (Āli ‘Imrān/3: 19)

Islam adalah agama yang Allah turunkan kepada Nabi Ibrahim, kemudian secara berurutan kepada nabi-nabi setelahnya, dan berakhir kepada Nabi Muhammad. Islam menjadi cahaya penerang bagi semua manusia yang ingin selamat menuju Allah, Pencipta dan tempat kembali yang hakiki.

D. CAHAYA BERMAKNA AMAL SALEH

Amal perbuatan manusia di dunia akan menentukan apakah ia akan masuk surga atau neraka. Amal tersebut terekam dalam catatan amal yang pada hari kiamat nanti akan diberikan dan dibaca oleh orang bersangkutan. Allah berfirman,

وَكُلَّ اِنْسَانٍ اَلْزَمْنٰهُ طٰۤىِٕرَهٗ فِيْ عُنُقِهٖۗ وَنُخْرِجُ لَهٗ يَوْمَ الْقِيٰمَةِ كِتٰبًا يَّلْقٰىهُ مَنْشُوْرًا ﴿١٣﴾ اِقْرَأْ كِتٰبَكَۗ كَفٰى بِنَفْسِكَ الْيَوْمَ عَلَيْكَ حَسِيْبًاۗ ﴿١٤﴾

Dan setiap manusia telah Kami kalungkan (catatan) amal perbuatannya di lehernya. Dan pada hari Kiamat Kami keluarkan baginya sebuah kitab dalam keadaan terbuka. "Bacalah kitabmu, cukuplah dirimu sendiri pada hari ini sebagai penghitung atas dirimu." (al-Isrā'/17: 13–14)

Allah telah menciptakan sistem rekaman amal yang tersimpan pada diri manusia, yang hakikatnya hanya diketahui oleh Allah. Hal ini tidaklah aneh sebab manusia saja telah mampu merekam perbuatan mereka sendiri dalam bentuk film, video, dan sejenisnya, yang berbentuk rekaman gelombang elektromagnetik. Dengan rekaman amal pada diri manusia, di akhirat nanti ia tidak akan dapat mengingkari atau membantahnya. Allah berfirman,

اَلْيَوْمَ نَخْتِمُ عَلٰٓى اَفْوَاهِهِمْ وَتُكَلِّمُنَآ اَيْدِيْهِمْ وَتَشْهَدُ اَرْجُلُهُمْ بِمَا كَانُوْا يَكْسِبُوْنَ ﴿٦٥﴾

Pada hari ini Kami tutup mulut mereka; tangan mereka akan berkata kepada Kami dan kaki mereka akan memberi kesaksian terhadap apa yang dahulu mereka kerjakan. (Yāsīn/36: 65)

حَتّٰٓى اِذَا مَا جَاۤءُوْهَا شَهِدَ عَلَيْهِمْ سَمْعُهُمْ وَاَبْصَارُهُمْ وَجُلُوْدُهُمْ بِمَا كَانُوْا يَعْمَلُوْنَ ﴿٢٠﴾

Sehingga apabila mereka sampai ke neraka, pendengaran, penglihatan, dan kulit mereka menjadi saksi terhadap apa yang telah mereka lakukan. (Fuṣṣilat/41: 20)

Amal saleh manusia tersebut kelak di akhirat akan terwujud sebagai pancaran cahaya baginya. Allah berfirman,

يَوْمَ تَرَى الْمُؤْمِنِيْنَ وَالْمُؤْمِنٰتِ يَسْعٰى نُوْرُهُمْ بَيْنَ
اَيْدِيْهِمْ وَبِاَيْمَانِهِمْ بُشْرٰىكُمُ الْيَوْمَ جَنّٰتٌ تَجْرِيْ مِنْ
تَحْتِهَا الْاَنْهٰرُ خٰلِدِيْنَ فِيْهَاۗ ذٰلِكَ هُوَ الْفَوْزُ الْعَظِيْمُۚ
﴿١٢﴾ يَوْمَ يَقُوْلُ الْمُنٰفِقُوْنَ وَالْمُنٰفِقٰتُ لِلَّذِيْنَ اٰمَنُوا
انْظُرُوْنَا نَقْتَبِسْ مِنْ نُّوْرِكُمْۚ قِيْلَ ارْجِعُوْا وَرَاۤءَكُمْ
فَالْتَمِسُوْا نُوْرًاۗ فَضُرِبَ بَيْنَهُمْ بِسُوْرٍ لَّهٗ بَابٌۗ بَاطِنُهٗ
فِيْهِ الرَّحْمَةُ وَظَاهِرُهٗ مِنْ قِبَلِهِ الْعَذَابُۗ ﴿١٣﴾

Pada hari engkau akan melihat orang-orang yang beriman laki-laki dan perempuan, betapa cahaya mereka bersinar di depan dan di samping kanan mereka, (dikatakan kepada mereka), "Pada hari ini ada berita gembira untukmu, (yaitu) surga-surga yang mengalir di bawahnya sungai-sungai, mereka kekal di dalamnya. Demikian itulah kemenangan yang agung." Pada hari orang-orang munafik laki-laki dan perempuan berkata kepada orang-orang yang beriman, "Tunggulah kami! Kami ingin mengambil cahayamu." (Kepada mereka) dikatakan, "Kembalilah kamu ke belakang dan carilah sendiri cahaya (untukmu)." Lalu di antara mereka dipasang dinding (pemisah) yang berpintu. Di sebelah dalam ada rahmat dan di luarnya hanya ada azab. (al-Ḥadīd/57: 12–13)

Ayat-ayat di atas dan banyak lagi ayat lainnya menunjukkan bahwa mereka yang beriman kepada Allah dan rasul-Nya dengan tulus hati kelak di akhirat akan bercahaya atau memancarkan cahaya karena banyaknya pahala yang mereka kumpulkan. Makin banyak pahala yang dikumpulkan, makin terang cahaya yang terpancar. Hal yang sama dapat diamati pada lampu; lampu dengan energi (watt) cahaya yang besar akan memancarkan cahaya yang lebih terang. Sebaliknya, orang munafik dan kafir yang banyak dosa dan amalnya tertolak tidak akan merasakan cahaya tersebut, bahkan wajah mereka menghitam. Dalam dunia ilmu, warna hitam atau gelap tidak memancarkan apalagi memantulkan cahaya sama sekali. []

Cahaya Iman adalah Pantulan Cahaya Ilahi

Sebuah syair mengingatkan kita akan pentingnya cahaya iman dalam hati, "Matahari langit tenggelam bila hari telah malam. Matahari hati tak pernah terbenam meski hari telah kelam." Cahaya dari matahari hati seorang mukmin akan mengalahkan cahaya matahari, bulan, dan bintang karena yang memantul darinya adalah cahaya Ilahi. Cahaya tersebut dapat melembutkan kerasnya hati dan pikiran manusia sehingga dapat membentuk suatu peradaban yang bermanfaat bagi alam semesta. Cahaya hati seperti ini selamanya akan hidup, di saat sinar benda-benda alam itu akan selalu timbul tenggelam. Dalam sebuah riwayat hadis Qudsi disebutkan bahwa Allah berfirman,

لَمْ يَسَعْنِيْ أَرْضِيْ وَلَا سَمَائِيْ وَوَسِعَنِيْ قَلْبُ عَبْدِي الْمُؤْمِنُ اللَّيِّنُ الْوَادِعُ. (رواه الغزالي في الإحياء)

"Langit dan bumi tidak akan mampu meliputi diri-Ku. Hanya hati hamba-Ku yang beriman, lembut, dan penuh makrifat kepada-Ku yang mampu meliputi diri-Ku." (Riwayat al-Gazāliy dalam *al-Iḥyā'*)

BAB VII
PENUTUP

Bukan suatu kebetulan bila buku ini selesai disusun pada tahun 2015, bertepatan dengan tahun yang oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa ditetapkan sebagai Tahun Cahaya Internasional (*The International Year of Light*). Juga, merupakan kebanggaan bagi umat Islam bila salah seorang ilmuwan muslim, Ibnu al-Haiśam, karena karyanya di bidang fisika optik menjadi salah satu ikon yang diapresiasi oleh dunia. Tidak hanya Ibnu al-Haiśam, al-Kindiy, an-Nairiziy, dan banyak lagi ilmuwan muslim juga telah melakukan observasi dan pengamatan terhadap rahasia di balik fenomena benda-benda bercahaya yang beraneka warna dan terhampar di alam semesta.

Afzalur Rahman (2007) memberikan pandangannya atas firman Allah,

اَللّٰهُ نُوْرُ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِۗ مَثَلُ نُوْرِهٖ كَمِشْكٰوةٍ فِيْهَا مِصْبَاحٌۗ اَلْمِصْبَاحُ فِيْ زُجَاجَةٍۗ اَلزُّجَاجَةُ كَاَنَّهَا كَوْكَبٌ دُرِّيٌّ يُّوْقَدُ مِنْ شَجَرَةٍ مُّبٰرَكَةٍ زَيْتُوْنَةٍ لَّا شَرْقِيَّةٍ وَّلَا غَرْبِيَّةٍۙ يَّكَادُ زَيْتُهَا يُضِيْۤءُ وَلَوْ لَمْ تَمْسَسْهُ نَارٌۗ نُوْرٌ عَلٰى نُوْرٍۗ يَهْدِى اللّٰهُ لِنُوْرِهٖ مَنْ يَّشَاۤءُۗ وَيَضْرِبُ اللّٰهُ الْاَمْثَالَ لِلنَّاسِۗ وَاللّٰهُ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيْمٌۙ ﴿٣٥﴾

Allah (pemberi) cahaya (kepada) langit dan Bumi. Perumpamaan cahaya-Nya, seperti sebuah lubang yang tidak tembus, yang di dalamnya ada pelita besar. Pelita itu di dalam

tabung kaca (dan) tabung kaca itu bagaikan bintang yang berkilauan, yang dinyalakan dengan minyak dari pohon yang diberkahi, (yaitu) pohon zaitun yang tumbuh tidak di timur dan tidak pula di barat, yang minyaknya (saja) hampir-hampir menerangi, walaupun tidak disentuh api. Cahaya di atas cahaya (berlapis-lapis), Allah memberi petunjuk kepada cahaya-Nya bagi orang yang Dia kehendaki, dan Allah membuat perumpamaan-perumpamaan bagi manusia. Dan Allah Maha Mengetahui segala sesuatu. (an-Nūr/24: 35)

Menurutnya, ayat ini menyemangati dan memotivasi para ilmuwan muslim untuk meneneliti berbagai aspek cahaya, termasuk optik, spektrum, dan sifat-sifat cahaya, selain terinspirasi lebih jauh untuk menemukan hakikat kebesaran Tuhan. Ayat ini menyajikan sebuah gagasan yang sarat makna filosofis tentang sifat dan luasnya alam semesta serta keagungan Penciptanya. Kedalaman makna ayat-ayat Al-Qur'an akan terus memacu manusia untuk berbuat lebih baik dalam pengembangan sains dan upaya pemanfaatannya. Inspirasi baru dari setiap generasi akan memberi landasan dan nuansa baru bagi perkembangan sains dan teknologi pada generasi selanjutnya.

Sayyid Quṭb dalam *Fī Ẓilāl Al-Qur'ān* juga menguraikan kandungan makna ayat yang sangat menakjubkan ini secara luas dan mendalam; suatu ayat yang timbul bersama dengan cahaya yang tenang dan mencerahkan menyebar ke seluruh alam; merasuk ke dalam perasaan dan seluruh organ-organ tubuh makhluk-Nya. Ia mengalir menembus ke seluruh sisi dan aspek kehidupan sehingga seluruh alam semesta bertasbih dalam lautan cahaya yang sangat terang.

Dari perspektif sains, cahaya bagaikan tiang-tiang yang menghubungkan langit dan bumi dalam bentuk hukum-hukum alam yang berlaku sebagai rahmat dan ketetapan-Nya. Dengan renungan yang panjang dan temuan demi temuan dari berbagai aspek dan fenomena alam, manusia secara bertahap mampu menguak rahasia alam. Revolusi ilmiah sejak masa peralihan dari abad 14 hingga 17 telah mengantarkan manusia ke berbagai ilmu pengetahuan yang berkembang dengan pesat dan menjadi dasar ilmu pengetahuan modern. Dengan izin-Nya, perkembangan ilmu di zaman modern pasca-era peralihan meliputi hampir seluruh bidang sains dan teknologi, berikut aplikasinya. Di era ini bidang fisika menjadi titik tumpu perkembangan sains. Ilmu fisika dipandang sebagai ilmu pengetahuan dasar yang subjek materinya erat dengan unsur-unsur fundamental yang membentuk alam semesta, terlebih saat terungkapnya berbagai sifat dasar materi subatom seperti elektron, proton, dan neutron, hingga partikel elementer la-

innya. Mengakhiri uraiannya, Sayyid Quṭb mengemukakan bahwa semua itu hanya dapat terjadi karena ada kekuatan penopangnya, yakni cahaya, penerang alam yang berintikan foton.

Kiranya semangat itu pula yang mewarnai dan melandasi sekelompok ilmuwan dunia untuk mengingatkan penghuni Bumi akan peran penting dan manfaat cahaya dalam kehidupan manusia secara global. Kita sadari bahwa cahaya adalah sesuatu yang nyata dan telah mampu mengungkapkan kerahasiaan alam menjadi suatu kenyataan atau yang nyata. Dengan adanya cahaya sesuatu yang gelap bisa menjadi terang; sesuatu yang tidak tampak pada kondisi gelap akan terlihat jelas oleh mata, kecuali jika mata itu rabun atau buta. Mata pun bisa berfungsi sempurna bila ada cahaya. Dalam ilmu fisika modern cahaya yang berintikan foton terdefinisi sebagai partikel elementer dalam fenomena elektromagnetik. Foton dianggap sebagai pembawa radiasi elektromagnetik. Ia tidak bermassa, tidak bermuatan listrik, dan tidak meluruh secara spontan di ruang hampa. Dalam konsep dualisme gelombang-partikel, foton dinyatakan memiliki baik sifat gelombang maupun partikel, suatu fenomena di mana cahaya memengaruhi gerakan muatan listrik radiasi atau pancaran gelombang elektromagnetik ini telah dibahas dan dijelaskan juga, baik peran ataupun manfaatnya dalam kehidupan manusia, dalam bab-bab terdahulu.

Selain itu ada istilah cahaya Ilahi. Penggunaan istilah ini biasanya dihubungkan dengan peran dan/atau keadaan hati manusia, sesuatu yang berhubungan dengan petunjuk dan hidayah-Nya. Para ulama menjelaskan, hidayah berhubungan erat dengan hati, akal, naluri, dan intuisi makhluk ciptaan-Nya. Sebagai contoh, cahaya Ilahi telah membuat Nabi Musa pingsan karena tidak kuat memandangnya. Karenanya, di kalangan ilmuwan muslim, didasari oleh firman-firman-Nya dalam Al-Qur'an, istilah cahaya tidak hanya dipakai dalam membahas keilmuan sains saja, tetapi juga dalam membahas hal yang berhubungan dengan kehidupan rohaniah, hati, dan jiwa manusia, suatu metafora dalam aspek spiritual.

Agus Mustofa (2006) dalam penjelasannya atas ayat ini menyatakan bahwa Allah-lah yang memberi cahaya pada jiwa manusia dalam perjalanan menuju kepada-Nya. Cahaya itu berasal dari roh Allah (*inner cosmos*), dipantulkan oleh jiwa manusia menuju badan manusia (*outer cosmos*). Bergantung pada kebersihan jiwa manusia, cahaya Allah tersebut dapat sampai atau tidak dalam memengaruhi

tingkah laku manusia. Orang yang bertobat, melakukan banyak amal saleh, penyabar, pemaaf, rendah hati, serta bertawakal kepada Allah, berarti jiwanya bersih bagaikan kaca yang bening.

Bola kaca yang bening tersebut akan memantulkan atau meneruskan cahaya ilahiah pada bola kaca terluar, yakni badan material. Orang demikian akan memancarkan aura kebaikan yang tertangkap oleh mata fisik; cahaya yang terpancar dari roh adalah cahaya putih yang dalam ilmu fisika merupakan paduan dari berbagai cahaya monokromatik merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila, dan ungu. Meski cahaya berwarna putih, tetapi apabila seseorang suka atau sedang marah, maka hanya warna merah saja yang diteruskan oleh jiwanya menuju badannya (*outer cosmos*).

Bila seseorang dalam kondisi pasrah diri kepada Allah, cahaya yang dipancarkan adalah warna biru atau ungu yang mempunyai energi lebih besar daripada warna merah. Ketika seseorang mempunyai banyak dosa dan tetap dalam kemaksiatan kepada Allah, bola kaca jiwanya akan tampak gelap atau kotor. Cahaya roh tidak dapat tembus menuju atau dipantulkan oleh jiwa menuju badan atau *outer cosmos*-nya. Akibatnya, orang demikian mempunyai aura yang hitam atau berada dalam bayang-bayang kegelapan, mirip dengan gerhana bulan di mana cahaya matahari yang memancar ke bulan terhalangi oleh Bumi sehingga bulan yang biasanya bercahaya indah itu pun menjadi bola hitam tak bercahaya.

Jadi, perjalanan seorang hamba menuju Tuhan pada hakikatnya adalah melakukan pembersihan jiwa agar dapat keluar dari kegelapan menuju cahaya yang terang, yang terhampar secara berlapis-lapis menuju pusat jati dirinya, yakni roh atau *inner cosmos*-nya. Teknik atau tata cara pembersihan jiwa agar bercahaya, tidak bernoda atau tidak gelap (hitam), telah disediakan oleh Allah, yakni Al-Qur’an. Allah berfirman,

الۤرٰ ۗ كِتٰبٌ اَنْزَلْنٰهُ اِلَيْكَ لِتُخْرِجَ النَّاسَ مِنَ الظُّلُمٰتِ اِلَى النُّوْرِ ەۙ بِاِذْنِ رَبِّهِمْ اِلٰى صِرَاطِ الْعَزِيْزِ الْحَمِيْدِۙ ﴿١﴾

Alif Lām Rā. (Ini adalah) Kitab yang Kami turunkan kepadamu (Muhammad) agar engkau mengeluarkan manusia dari kegelapan kepada cahaya terang-benderang dengan izin Tuhan, (yaitu) menuju jalan Tuhan Yang Mahaperkasa, Maha Terpuji. (Ibrāhīm/14: 1)

Dari ayat di atas dapat dipahami bahwa keberhasilan perjalanan seseorang menuju Tuhan adalah atas izin Allah. Hal ini menunjukkan kepasrahan total seorang hamba yang meniadakan ego pribadinya adalah kunci utama keluarnya dia dari kegelapan menuju jalan

yang terang. Hal ini hanya akan terjadi atas usaha dan pengorbanan manusia yang istikamah, terus-menerus, dan tentunya atas izin Allah.

Penetapan tahun 2015 menjadi Tahun Cahaya Internasional merupakan inisiatif global yang membuka mata semua warga dunia akan pentingnya cahaya dan teknologi optik dalam kehidupan mereka, baik untuk kehidupan di masa depan mereka, dan tentu untuk dimanfaatkan dalam pengembangan masyarakat secara luas. Hal itu sungguh suatu perjalanan yang panjang. Peran penting cahaya sepanjang sejarah kehidupan manusia dan perkembangannya sudah diisyaratkan Al-Qur'an 14 abad lalu. Allah berfirman,

اِنَّ فِيْ خَلْقِ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ وَاخْتِلَافِ الَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَاٰيٰتٍ لِّاُولِى الْاَلْبَابِۙ ﴿١٩٠﴾

Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan Bumi, dan pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal. (Āli 'Imrān/3: 190)

Saat ayat ini turun Rasulullah menangis hingga air matanya membasahi jenggot dan tempat sujudnya. Dalam *Ṣaḥīḥ Ibni Ḥibbān* disebutkan suatu riwayat dari 'Aṭā' bahwa Rasulullah bersabda sehubungan dengan turunnya ayat ini, "Celakalah orang yang membacanya tetapi tidak merenungkan maknanya." Ini adalah suatu peringatan bagi umat beliau, terutama bagi orang-orang yang sifatnya disebutkan dalam ayat berikutnya,

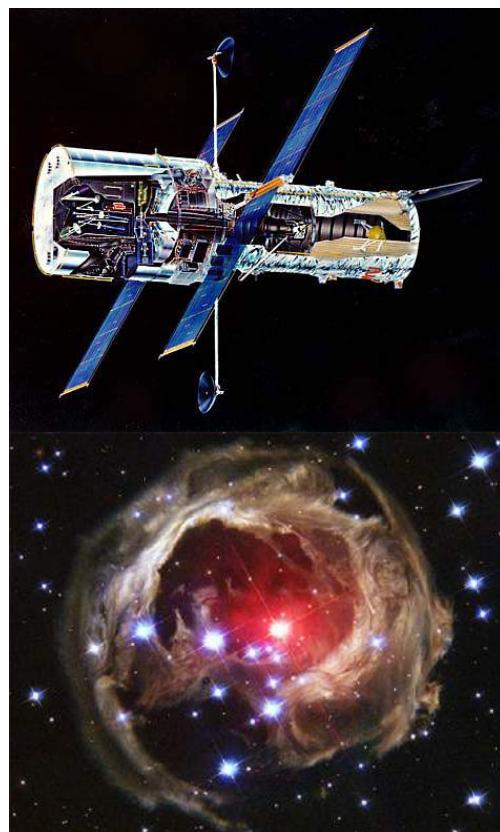
الَّذِيْنَ يَذْكُرُوْنَ اللّٰهَ قِيَامًا وَّقُعُوْدًا وَّعَلٰى جُنُوْبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُوْنَ فِيْ خَلْقِ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِۚ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هٰذَا بَاطِلًاۚ سُبْحٰنَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

(Yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk atau dalam keadaan berbaring, dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan Bumi (seraya berkata), "Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia; Mahasuci Engkau, lindungilah kami dari azab neraka. (Āli 'Imrān/3: 191)

Ayat ini harus senantiasa menjadi pengingat bagi kita, sekaligus menjadi landasan tauhid yang kuat kepada Allah, Pencipta Yang Mahasempurna, bahwa tidak ada satu pun ciptaan-Nya yang sia-sia dan tanpa manfaat. Para mufasir sepakat bahwa ayat ini betul-betul sarat dengan isyarat sains dan ilmu pengetahuan, sehingga sebutan *ulul-albāb* sungguh tepat diperuntukkan bagi para cendekiawan, ilmuwan, dan pemikir tentang alam semesta dengan segala aspeknya. Konon, mukjizat ilmiah di bidang astronomi dapat tersingkap antara lain melalui renungan atas isyarat sains dalam ayat ini.

Temuan Hubble pada 1929 menjadi satu dari sederet temuan-temuan be-

rikutnya yang banyak menyingkap rahasia dan menyediakan gambaran deskriptif yang menakjubkan atas fenomena alam semesta yang sarat informasi sains. Dari temuan itu pula diketahui bahwa alam semesta ini sedang dan terus bergerak mengembang dan meluas.

وَالسَّمَاۤءَ بَنَيْنٰهَا بِاَيْىدٍ وَّاِنَّا لَمُوْسِعُوْنَ ﴿٤٧﴾

Dan langit Kami bangun dengan kekuasaan (Kami), dan Kami benar-benar meluaskannya. (aż-Żāriyāt/51: 47)

اَوَلَمْ يَرَ الَّذِيْنَ كَفَرُوْٓا اَنَّ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنٰهُمَاۗ وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاۤءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّۗ اَفَلَا يُؤْمِنُوْنَ ﴿٣٠﴾

Dan apakah orang-orang kafir tidak mengetahui bahwa langit dan Bumi keduanya dahulunya menyatu, kemudian Kami pisahkan antara keduanya; dan Kami jadikan segala sesuatu yang hidup berasal dari air; maka mengapa mereka tidak beriman? (al-Anbiyā'/21: 30)

Manusia dibuat tercengang saat menyaksikan alam ciptaan-Nya yang luas dan menakjubkan, dengan hamparan ruang yang terus meluas itu, seakan tiada batas. Dalam pandangan ulama, eksistensi cahaya pada hakikatnya merupakan rahmat Allah yang dapat dimanfaatkan menjadi "tiang-tiang penghubung langit dan Bumi" sebagai suatu ketetapan dari-Nya, sunatullah. Dalam pandangan sains, tiang-tiang penghubung ini tidak hanya cahaya yang mampu menjembati pandangan mata manusia menembus kegelapan langit untuk melihat benda-benda langit yang banyak tak berhingga. Masih ada tiang-tiang lain yang mempunyai daya jelajah lebih tinggi, seperti gelombang radio, gelombang mikro, dan gelombang-gelombang berenergi lainnya yang dalam sains dikenal sebagai gelombang elektromagnetik. Dengan meniti tiang-tiang tadi manusia banyak

Gambar 7.1
Teleskop Hubble (kiri) dan hasil gambarnya.
(Sumber: science.kqed.org; en.wikipedia.org)

mengetahui dan mendapat informasi tentang benda-benda langit.

Dengan kemampuannya manusia berusaha "menembus langit" untuk menjelajahi alam semesta sebagaimana "tantangan" yang diisyaratkan dalam firman-Nya,

يٰمَعْشَرَ الْجِنِّ وَالْاِنْسِ اِنِ اسْتَطَعْتُمْ اَنْ تَنْفُذُوْا مِنْ اَقْطَارِ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ فَانْفُذُوْاۗ لَا تَنْفُذُوْنَ اِلَّا بِسُلْطٰنٍۚ ٣٣

Wahai golongan jin dan manusia! Jika kamu sanggup menembus (melintasi) penjuru langit dan Bumi, maka tembuslah. Kamu tidak akan mampu menembusnya kecuali dengan kekuatan (dari Allah). (ar-Raḥmān/55: 33)

Kisah Galileo merupakan awal perkembangan ilmu fisika bidang optik. Galileo dengan teleskop refraktornya menjadikan mata manusia "lebih tajam" untuk dapat mengamati benda langit yang tidak bisa diamati melalui mata telanjang. Pada awalnya teleskop dibuat hanya dalam rentang panjang gelombang cahaya tampak saja, kemudian berkembang ke panjang gelombang radio, dan sejak era 1960-an seiring makin majunya penjelajahan ruang angkasa, teleskop kini mampu meliput seluruh spektrum gelombang elektromagnetik. Kini bahkan sudah menjadi hal umum bila kita menyebut teleskop berjenis gelombang gravitasi atau teleskop partikel berenergi tinggi, suatu jenis teleskop lainnya yang dapat digunakan untuk mendeteksi adanya gelombang gravitasi dan neutrino sebagai gelombang pembawa informasi.

Manusia dengan kemampuannya secara bertahap dengan renungan mendalam terhadap ciptaan-Nya dapat merasakan hakikat kekuasaan-Nya. Eksistensi cahaya dan gelombang elektromagnetik adalah sesuatu yang nyata. Dengannya pula rahasia alam secara bertahap dapat diungkapkan dan dijelaskan secara logis. Kini, dalam era sains modern, para ilmuwan makin mampu mengungkap berbagai fenomena alam semesta dari sudut pandang sains. Namun, harus diakui bahwa masih banyak kejadian alam yang belum bisa diungkap atau teramati secara menyeluruh.

Dengan teleskop-teleskop raksasa yang terus dikembangkan, manusia pun mampu mengamati lingkaran semesta secara makin luas dan tajam. Teleskop raksasa European Extremely Large Telescope (E-ELT) kini sedang dibangun. Teleskop ini diharapkan dapat membantu indra penglihatan untuk melihat gambar secara langsung keadaan luar tata surya serta mengetahui orbit matahari lain yang disebut sebagai zona layak huni (*habitable zone*). Teleskop di Chile ini menggunakan cermin berdiameter 39 meter

yang akan memberikan gambar detail dan kedalaman yang bagus terkait pemandangan dari alam semesta. Cermin besar pada E-ELT ini terdiri atas hampir 800 segmen heksagonal yang mampu mengumpulkan cahaya 12 kali lipat daripada teleskop optik terbesar yang dioperasikan saat ini. Dengan demikian, E-ELT akan mampu melihat benda yang letaknya jauh dan samar.

Cina juga semakin serius mengembangkan teknologi antariksanya. Proyek super untuk membangun sebuah teleskop raksasa FAST (*Five hundred meter Aperture Spherical Telescope*) saat ini tengah dalam proses pengerjaan. Teleskop ini ditempatkan di suatu daerah terpencil di Provinsi Guizhou, Cina bagian selatan. Teleskop radio raksasa ini berfungsi memindai sinyal dari galaksi di luar Bumi. Teleskop ini juga dilengkapi ribuan panel yang dapat memindai sebagian besar wilayah di langit. Teleskop yang ditargetkan selesai pengerjaannya pada September 2016 ini akan menjadi teleskop radio terbesar di dunia, mengalahkan teleskop serupa di Puerto Rico. Sensitivitas teleskop ini diperkirakan lebih dari tiga kali lipat sensitivitas Observatorium Arecibo. Para astronom pun berharap teleskop FAST ini akan dapat segera mengungkap ribuan galaksi baru atau benda-benda langit lain yang jauhnya hingga tujuh miliar tahun cahaya.

Melalui perkembangan sains dan teknologi pun manusia telah mampu melihat dan mengenal bermacam benda di alam semesta dengan beserta fenomena di dalamnya, termasuk mendeteksi dan mengetahui kemungkinan detail kandungan setiap benda-benda terkecil sekalipun. Kini manusia dengan peralatan teknologi yang dikembangkan telah mampu mengetahui isi perut Bumi, sama jelasnya dengan penglihatan mereka terhadap bagian dalam tubuh mereka sendiri. Tentang hal ini Allah telah berfirman,

سَنُرِيْهِمْ اٰيٰتِنَا فِى الْاٰفَاقِ وَفِيْٓ اَنْفُسِهِمْ حَتّٰى يَتَبَيَّنَ لَهُمْ اَنَّهُ الْحَقُّۗ اَوَلَمْ يَكْفِ بِرَبِّكَ اَنَّهٗ عَلٰى كُلِّ شَيْءٍ شَهِيْدٌ ﴿٥٣﴾

Kami akan memperlihatkan kepada mereka tanda-tanda (kebesaran) Kami di segenap penjuru dan pada diri mereka sendiri, sehingga jelaslah bagi mereka bahwa Al-Qur’an itu adalah benar. Tidak cukupkah (bagi kamu) bahwa Tuhanmu menjadi saksi atas segala sesuatu? (Fuṣṣilat/41: 53)

Dengan alat pencitraan resonansi magnetik (MRI-*Magnetic Resonance Imaging)* manusia dapat mendeteksi bagian organ tubuh yang mendapatkan gangguan dengan jelas dan rinci, misalnya titik-titik pecahnya pembuluh darah di otak penderita stroke, atau sejenisnya.

Gambar 7.2
Perangkat alat MRI dan rekaman hasilnya. (Sumber: santosahospital.com)

MRI berupa tabung berbentuk bulat dari magnet yang besar. Penderita berbaring di tempat tidur yang dapat digerakkan ke dalam (medan) magnet. Magnet akan menciptakan medan magnet yang kuat lewat penggabungan proton-proton atom hidrogen dan dipaparkan pada gelombang radio. Ini akan menggerakkan proton-proton dalam tubuh dan menghasilkan sinyal yang diterima, kemudian diproses oleh komputer guna menghasilkan gambaran struktur tubuh yang diperiksa.

Mahasempurna Allah dengan segala ciptaan-Nya. Semua dikemas dalam bentuk fenomena-fenomena alam yang hanya dapat diurai oleh mereka yang berakal, manusia pilihan-Nya, lewat ilham dan petunjuk dari-Nya. Temuan adanya pancaran biofoton oleh sel-sel tubuh manusia akhir-akhir ini merupakan fenomena berbasis cahaya atau sinar yang masih terus dikembangkan. Perlu diketahui, di dalam inti sel terdapat DNA (*Deoxyribonucleic Acid*, Asam Deoksiribo Nukleat) yang berperan penting dalam mengatur dan menentukan sifat, kualitas, fungsi, dan tugas serta bentuk tampilan setiap sel dalam tubuh. Studi dan penelitian DNA memberi kita informasi bahwa setiap peristiwa biologis yang kita alami selalu mempunyai hubungan erat dengan fungsi DNA. DNA adalah pusat komando informasi yang berfungsi menjalankan seluruh aktivitas tubuh dalam bentuk apa pun. Menariknya, dari hasil percobaan para ahli ditemukan indikasi adanya interaksi yang menakjubkan antara DNA dengan cahaya.

Sebagaimana diketahui, dalam fisika kuantum cahaya bersifat ganda. Cahaya yang tersusun atas kuanta-kuan-

ta energi yang disebut foton, di satu sisi bersifat gelombang dan di sisi lain juga bersifat partikel atau materi. Sebagai gelombang, foton atau kuanta energi bisa merambat, melentur, dan memancar melalui benda apa pun. Sebagai partikel, foton bisa berinteraksi dan bereaksi dengan materi lain yang dilewatinya, tidak terkecuali tatkala dihadapkan dengan molekul protein DNA. Fenomena DNA bayangan atau *phantom DNA effect* terjadi karena adanya reaksi fotolistrik di mana foton-foton bertabrakan dengan awan elektron dari DNA yang menimbulkan pola medan elektromagnet tertentu. Pola elektromagnet ini akan tetap ada sekalipun sosok DNA-nya sudah berpindah atau dipindahkan (Lihat: Boks "Fenomena Phantom DNA")

Dalam penelitian lebih jauh diperoleh informasi bahwa DNA sel hidup bisa menyimpan dan memancarkan biofoton sebagai informasi sehat-tidaknya suatu jaringan sel tubuh. Semakin banyak biofoton yang dipancarkan, semakin sehat jaringan sel tersebut. Semakin sehat seseorang, baik lahir maupun batin, pancaran cahaya yang keluar dari tubuhnya semakin kuat. Karenanya, tidak jarang dalam keseharian kita bisa membedakan antara orang sehat dengan mereka yang sedang sakit. Orang sehat memiliki kecenderungan wajah yang terlihat segar dan bercahaya, begitu pula kalau kita memandang wajah orang saleh.

Dalam Al-Qur'an ada beberapa peristiwa yang diduga berhubungan dengan fenomena ini, seperti peristiwa ketika tangan Nabi Musa mengeluarkan sinar putih saat ditantang oleh Firaun untuk menunjukkan bukti argumentatif tentang kebenaran risalahnya. Kejadian ini merupakan satu dari sembilan mukjizat yang Allah berikan kepada Nabi Musa. Boleh jadi, putihnya tangan Nabi Musa merupakan pancaran biofoton yang didorong oleh kebersihan jiwa dan niat yang ikhlas untuk menegakkan *rubūbiyah* Tuhan semesta alam, tentu saja dengan izin Allah.

وَّنَزَعَ يَدَهٗ فَاِذَا هِيَ بَيْضَاۤءُ لِلنّٰظِرِيْنَ ࣖ ﴿١٠٨﴾

Dan dia mengeluarkan tangannya, tiba-tiba tangan itu menjadi putih (bercahaya) bagi orang-orang yang melihatnya. (al-A'rāf/7: 108)

مُحَمَّدٌ رَّسُوْلُ اللّٰهِ ۗوَالَّذِيْنَ مَعَهٗٓ اَشِدَّاۤءُ عَلَى الْكُفَّارِ رُحَمَاۤءُ بَيْنَهُمْ تَرٰىهُمْ رُكَّعًا سُجَّدًا يَّبْتَغُوْنَ فَضْلًا مِّنَ اللّٰهِ وَرِضْوَانًا ۖ سِيْمَاهُمْ فِيْ وُجُوْهِهِمْ مِّنْ اَثَرِ السُّجُوْدِ ۗ ذٰلِكَ مَثَلُهُمْ فِى التَّوْرٰىةِ ۖوَمَثَلُهُمْ فِى الْاِنْجِيْلِ ۚ كَزَرْعٍ اَخْرَجَ شَطْـَٔهٗ فَاٰزَرَهٗ فَاسْتَغْلَظَ فَاسْتَوٰى عَلٰى سُوْقِهٖ يُعْجِبُ الزُّرَّاعَ لِيَغِيْظَ بِهِمُ الْكُفَّارَ ۗ وَعَدَ اللّٰهُ الَّذِيْنَ اٰمَنُوْا وَعَمِلُوا الصّٰلِحٰتِ مِنْهُمْ مَّغْفِرَةً وَّاَجْرًا عَظِيْمًا ࣖ ﴿٢٩﴾

Muhammad adalah utusan Allah dan orang-orang yang bersama dengan dia bersikap keras terhadap orang-orang kafir, tetapi berkasih sayang sesama mereka. Kamu melihat mereka rukuk dan sujud mencari karunia Allah dan keridaan-Nya. Pada wajah mereka tampak tanda-tanda bekas sujud. Demikianlah sifat-sifat mereka (yang diungkapkan) dalam Taurat dan sifat-sifat mereka (yang diungkapkan) dalam Injil, yaitu seperti benih yang mengeluarkan tunasnya, kemudian tunas itu semakin kuat lalu menjadi besar dan tegak lurus di atas batangnya; tanaman itu menyenangkan hati penanam-penanamnya karena Allah hendak menjengkelkan hati orang-orang kafir (dengan kekuatan orang-orang mukmin). Allah menjanjikan kepada orang-orang yang beriman dan mengerjakan kebajikan di antara mereka, ampunan dan pahala yang besar. (al-Fatḥ/48: 29)

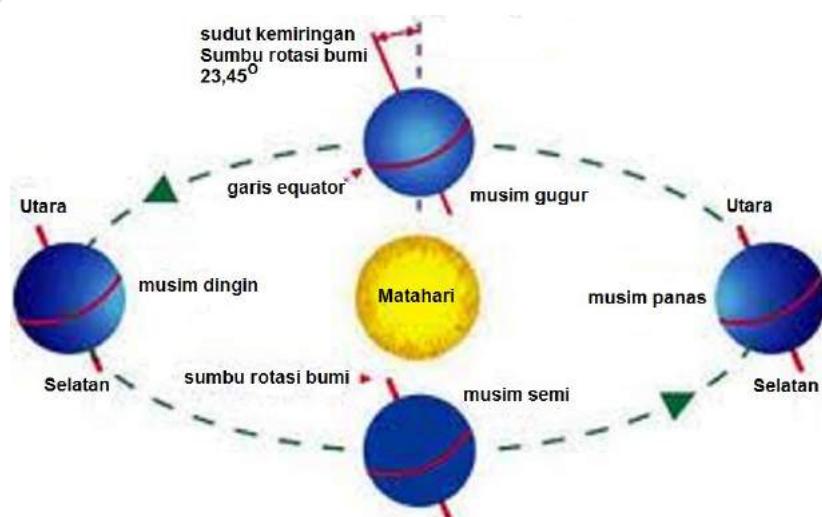
Dari kalimat "pada wajah mereka tampak tanda-tanda bekas sujud" para ulama memahami bahwa pada air muka orang-orang yang bersama Nabi Muhammad terpantul keimanan dan kesucian hati mereka. Tanda bekas sujud itu bukanlah sekadar tanda hitam yang membekas di dahi akibat terlalu banyak sujud.

Fenomena Phantom DNA (*Deoxyribonucleic Acid*)

Penelitian interaksi menakjubkan antara DNA dan cahaya dilakukan oleh pakar biokuantum Rusia, Vladimir Poponin. Dia mengamati perilaku foton, elemen energi pembentuk cahaya yang diletakkan dalam tabung hampa. Dalam kondisi normal, sebelum material DNA dimasukkan ke tabung, terlihat pada peralatan monitor pergerakan foton berpencaran bebas ke segala arah. Vladimir lalu memasukan materi DNA, molekul protein, ke tabung. Terlihat bahwa foton-foton yang tadinya berpencaran mulai bergerak menuju lokasi DNA dan bereaksi dengannya. Terjadilah reaksi fotolistrik di mana foton-foton tadi menabrak awan elektron yang menyelimuti atom-atom penyusun DNA, sehingga timbul medan listrik tertentu yang polanya tertangkap dan dapat dibaca pada layar monitor.

Perlu diketahui bahwa DNA merupakan molekul protein rantai panjang yang terdiri atas nukleotida Adenin, Cytosin, Guanin, dan Tymidine. Nukleotida-nukleotida itu sendiri tersusun atas unsur atom-atom karbon, hidrogen, nitrogen, fosfor, dan oksigen. Menariknya, dalam pengamatan berikutnya ketika materi DNA dikeluarkan dari tabung hampa, terlihat hasil yang sangat mengejutkan. Tampak pada layar monitor suatu pola medan elektromagnetik yang dibentuk oleh foton-foton tadi, persis di lokasi DNA semula diletakkan. Ada "DNA bayangan" yang disusun oleh kumpulan foton-foton, suatu DNA Cahaya. Fenomena ini disebut sebagai efek "Phantom DNA".

Dr. Fritz Albert Popp, biofisikawan Jerman, melakukan penelitian tentang interaksi antara foton dengan jaringan sel hidup pada tubuh manusia. Dari penelitian itu dia menyimpulkan bahwa DNA sel hidup bisa menyimpan dan melepaskan foton dalam bentuk biofoton yang memberi informasi tentang sehat-tidaknya jaringan sel. Semakin banyak pancaran biofoton dari suatu jaringan sel hidup maka semakin sehat jaringan sel tersebut. Sebaliknya, semakin sedikit pancaran biofotonnya maka hampir dipastikan jaringan sel tersebut tidak sehat. Sel-sel kanker, misalnya, menurut penelitian tersebut sangat sedikit memancarkan biofoton. []

Pada kejadian malam dan siang terdapat banyak pesan-pesan sains yang patut untuk ditafakuri. Semua itu adalah rahmat dan nikmat yang dikaruniakan oleh Allah kepada manusia dan makhluk lainnya. Allah mengingatkan manusia betapa besar nikmat-Nya kepada mereka,

وَاِنْ تَعُدُّوْا نِعْمَةَ اللّٰهِ لَا تُحْصُوْهَاۗ اِنَّ اللّٰهَ لَغَفُوْرٌ رَّحِيْمٌ ۝١٨

Dan jika kamu menghitung nikmat Allah, niscaya kamu tidak akan mampu menghitungnya. Sungguh, Allah benar-benar Maha Pengampun, Maha Penyayang. (an-Naḥl/16: 18)

Eksintensi cahaya yang berperan dalam kejadian malam dan siang telah memandu manusia untuk mengetahui lebih banyak tentang Bumi, hunian mereka. Dari cahaya itu juga manusia mengetahui bahwa Bumi adalah bulat, bukan bidang datar seperti sangkaan semula. Sambil berputar pada sumbunya Bumi mengelilingi Matahari pada lintasan orbitnya, dengan waktu revolusi 365 hari 6 jam 9 menit 10 detik. Al-Qur’an seolah hendak menepis dan menolak pandangan kuno yang meyakini bahwa Bumi adalah titik pusat alam semesta.

Rotasi dan revolusi ini pula yang secara teratur menjadikan siklus ekosistem berjalan mulus dan berkesinambungan. Proses produksi sumber makanan makhluk hidup berjalan teratur. Gas oksigen dan CO_2 mendorong sistem daur ulang untuk keperluan pernapasan dan kepentingan lainnya;

Gambar 7.3
Lintasan gerak orbital Bumi mengelilingi Matahari sambil berotasi.
(Sumber: sainsforhuman.blogspot.com)

semua berlangsung secara sempurna. Allah berfirman,

اَللّٰهُ الَّذِيْ جَعَلَ لَكُمُ الْاَرْضَ قَرَارًا وَّالسَّمَاۤءَ بِنَاۤءً وَّصَوَّرَكُمْ فَاَحْسَنَ صُوَرَكُمْ وَرَزَقَكُمْ مِّنَ الطَّيِّبٰتِۗ ذٰلِكُمُ اللّٰهُ رَبُّكُمْۖ فَتَبٰرَكَ اللّٰهُ رَبُّ الْعٰلَمِيْنَ ﴿٦٤﴾

Allah-lah yang menjadikan Bumi untukmu sebagai tempat menetap dan langit sebagai atap, dan membentukmu lalu memperindah rupamu serta memberimu rezeki dari yang baik-baik. Demikianlah Allah, Tuhanmu, Mahasuci Allah, Tuhan seluruh alam. (Gāfir/40: 64)

Mungkin tidak pernah terpikir oleh kita bagaimana Allah menyiapkan persedian rezeki dan mendistribusikannya ke setiap individu makhluk yang tersebar di seluruh penjuru Bumi. Radiasi Matahari memungkinkan terjadinya proses fotosintesis pada tanaman, yang di samping menghasilkan oksigen, juga menghasilkan makanan yang sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup lain, seperti hewan, tumbuhan, dan manusia. Keberlangsungan proses fotosintesis menjadi bagian sangat penting bagi kehidupan di Bumi karena hampir semua makhluk hidup bergantung pada energi dari proses ini. Selain tumbuhan, alga dan beberapa jenis bakteri berklorofil juga mampu melakukan fotosintesis. Proses ini sudah berlangsung sejak jutaan tahun lalu.

Menariknya, keluaran hasil proses fotosintesis berupa glukosa $C_6H_{12}O_6$ atau lebih dikenal dengan sebutan karbohidrat merupakan jenis molekul yang paling banyak ditemukan di Bumi. Dialah sumber utama metabolit yang dibutuhkan oleh organisme hidup, sekaligus sebagai bahan dasar perkembangan kehidupan makhluk hidup yang berkontribusi dalam mata rantai transformasi energi dan daur biogeokimia suatu ekosistem. Proses fotosintesis merupakan salah satu kunci terjaminnya keberlangsungan suatu kehidupan sehingga Bumi bisa menghasilkan berbagai kebutuhan dalam artian yang luas. Allah telah berfirman dalam Al-Qur᾽an,

الَّذِيْ جَعَلَ لَكُمُ الْاَرْضَ فِرَاشًا وَّالسَّمَاۤءَ بِنَاۤءً ۖوَّاَنْزَلَ مِنَ السَّمَاۤءِ مَاۤءً فَاَخْرَجَ بِهٖ مِنَ الثَّمَرٰتِ رِزْقًا لَّكُمْ ۚ فَلَا تَجْعَلُوْا لِلّٰهِ اَنْدَادًا وَّاَنْتُمْ تَعْلَمُوْنَ ﴿٢٢﴾

(Dialah) yang menjadikan bumi sebagai hamparan bagimu dan langit sebagai atap, dan Dialah yang menurunkan air (hujan) dari langit, lalu Dia hasilkan dengan (hujan) itu buah-buahan sebagai rezeki untukmu. Karena itu janganlah kamu mengadakan tandingan-tandingan bagi Allah, padahal kamu mengetahui. (al-Baqarah/2: 22)

هُوَ الَّذِيْ خَلَقَ لَكُمْ مَّا فِى الْاَرْضِ جَمِيْعًا ثُمَّ اسْتَوٰٓى اِلَى السَّمَاۤءِ فَسَوّٰىهُنَّ سَبْعَ سَمٰوٰتٍۗ وَهُوَ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيْمٌ ﴿٢٩﴾

Dialah (Allah) yang menciptakan segala apa yang ada di bumi untukmu kemudian Dia menuju ke langit, lalu Dia menyempurnakannya menjadi tujuh langit. Dan Dia Maha Mengetahui segala sesuatu. (al-Baqarah/2: 29)

Dengan demikian, Bumi secara berkesinambungan dapat memproduksi dan menyediakan berbagai kebutuhan makhluk hidup yang menghuninya. Berbagai tanaman dan pepohonan menghasilkan buah-buahan, sayuran, umbi-umbian, biji-bijian, dan beragam kebutuhan manusia dan makhluk hidup lainnya. Darinya manusia memperoleh sumber karbohidrat, protein, dan lemak nabati, suatu kebutuhan yang paling mendasar bagi eksistensi kehidupan, yang telah diperankan dengan baik oleh cahaya melalui proses fotosintesis. Semuanya berjalan sesuai aturan dan kehendak-Nya, Sang Mahaagung.

Banyaknya pesan-pesan bernuansa sains dalam Al-Qur'an menjadi tantangan tersendiri bagi manusia untuk terus mengungkap rahasia di balik untaian ayat-ayat-Nya. Cahaya dengan karakternya yang unik menjadikan Bumi hidup penuh dinamika. Alam pun tampak semakin indah dengan aneka warna yang menghiasinya. Keunikan fenomena cahaya mendorong manusia untuk melakukan berbagai studi dan eksperimen guna memahami sifat-sifatnya, untuk kemudian memanfaatkannya. Tidak sedikit dasar-dasar ilmu fisika, khususnya tentang cahaya dan optik, yang telah diletakkan oleh para ilmuwan terdahulu. Karenanya, sudah sepatutnya apresiasi diberikan atas jasa dan usaha mereka. Hingga saat ini berbagai budaya dan teknologi berbasis cahaya sudah dapat dirasakan manfaatnya dalam kehidupan sehari-hari, dalam berbagai bidang. Meski de-mikian, sebagai makhluk Allah kita tetap harus waspada dalam menggunakanya, karena penggunaan yang salah dan berlebihan tidak mustahil akan berdampak negatif dan merugikan kehidupan. Karena itu, dalam mengembangkan sains dan teknologi, nilai-nilai kearifan dan kebijaksanaan sangat dibutuhkan.

Memperingati Tahun Cahaya Internasional 2015, semua diajak untuk menelusuri rekam jejak sejarah perkembangan ilmu dan teknologi yang berhubungan dengan peran atau manfaat cahaya dan optik dalam kehidupan manusia di Bumi. Barangkali tidak pernah terlintas dalam benak kita kapan cahaya itu mulai ada di alam semesta ini, padahal kita tahu andaikan sumber cahaya Matahari tidak ada sejak awal maka planet-planet di tata surya tidak akan terbentuk dan Bumi tidak akan pernah ada. Artinya, kita dan seluruh kehidupan tidak akan pernah ada. Konon, diduga kuat Bumi dan seluruh planet ter-

bentuk dari materi yang sama, yang ditemukan di piringan gas dan debu yang membentuk Matahari.

Sampai detik ini Matahari tetap mengirimkan energi cahayanya ke Bumi sehingga semua komponen ekosistem di Bumi dapat bersinergi membangun kehidupan. Peran dan manfaat cahaya, lebih-lebih rasa hangat yang dibawanya, terasa penting bagi kehidupan makhluk-makhluk di Bumi. Kebutuhan akan cahaya menjadikan manusia berupaya mencari jalan untuk mendapatkan cahaya alternatif, terutama untuk mendapatkan suasana terang, di mana mata dapat berfungsi dengan baik.

Dari berbagai fenomena alam secara bertahap manusia mampu memahami dan mengenal sifat-sifat cahaya dan optik. Melalui kreativitas, pemahaman itu kemudian dikembangkan dalam bentuk sains, teknologi, dan budaya yang pada akhirnya dimanfaatkan dalam berbagai bidang dalam kehidupan. Sebagian besar hasil kreativitas itu telah disajikan pada bab-bab sebelumnya. Hampir pada semua bidang dalam sektor kehidupan hadir hasil-hasil karya anak Adam yang berupaya memanfaatkan cahaya, gelombang elektromagnetik yang bersifat ganda, sebagai rahmat dan karunia dari Allah. Mulai dari bidang kesehatan, komunikasi, ekonomi, lingkungan, dan sosial, peran cahaya hadir dan bermanfaat banyak dalam kehidupan manusia; sesuatu yang harus senantiasa disyukuri.

Patutlah menjadi renungan kita bersama bahwa Allah mengulang pertanyaan-Nya berikut sebanyak 31 kali,

فَبِاَيِّ اٰلَاۤءِ رَبِّكُمَا تُكَذِّبٰنِ ١٣

Maka nikmat Tuhanmu yang manakah yang kamu dustakan? (ar-Raḥmān/55: 13)

Pengulangan ayat ini menekankan betapa pentingnya rasa syukur kita kepada-Nya. Karenanya, didasari rasa syukur atas nikmat-Nya, perlu usaha untuk mengingatkan, mengajak, dan menyemangati khususnya generasi muda muslim untuk belajar sains dan teknologi berbasis cahaya, di segala bidang, dengan tujuan di samping pengembangan sains dan teknologi itu sendiri, juga agar dapat dimanfaatkan secara arif dan bijaksana untuk kepentingan hidup dan kesejahteraan umat. Dengan mempelajari sains dan teknologi, mereka diharapkan dapat mengungkap penemuan-penemuan yang bermanfaat, aman, ekonomis, dan tentu saja tidak merusak lingkungan. []

DAFTAR PUSTAKA

BUKU

Afzalur Rahman, *Ensiklopedia Ilmu dalam Al-Qur'an* (terj.), Bandung: Mizan, 2007.

Abdurrahman, M, *Memelihara Lingkungan dalam Ajaran Islam*, Bandung: t.p., 2012.

Agus Mustofa, *Bersyahadat di dalam Rahim*, Serial Ke-16 Diskusi Tasawuf Modern, Surabaya: Padma Press, 2007.

__________, *Dzikir Tauhid*, Serial Ke-9 Diskusi Tasawuf Modern, Surabaya: Padma Press, 2006.

__________, *Ma'rifat di Padang Arafah*, Serial Ke-30 Diskusi Tasawuf Modern, Surabaya: Padma Press, 2010.

__________, *Wormhole, Jalan Pintas menuju Surga*, Serial ke-41 Diskusi Tasawuf Modern, Surabaya: Padma Press, 2015.

Ahmad, Yusuf al-Hajj, *Al-Qur'an Kitab Sains dan Medis*, Jakarta: Grafindo, 2003.

Aneesuddin, Mir, *Buku Saku Ayat-ayat Semesta* (terj.), Jakarta: Zaman, 2014.

Bloomfield, M.M., *Chemistry and the Living Organisme*, 3rd edition, New York: John Willey and Sons, 1984.

Brady, J. dan J.R. Halim, *Fundamentals of Chemistry*, New York: John Willey and Sons, 1988.

Bridgman, Roger, *Inventions and Discoveries*, London: DK, 2014.

Chang, R., *Physical Chemistry with Application to Biological System*, New York: Collier Mac Millan, 1977.

Downing, J. G., *The Story of Communication Satellites*, Great Britain: Wheaton, Exeter, 1967.

Farndon, John, *1000 Fakta tentang Sains*, Jakarta: Gramedia, 2010.

al-Gazāliy, Abū Ḥāmid, *Jawāhir Al-Qur'an* (terj. Permata Ayat-ayat Suci), Surabaya: Risalah Gusti, 1995.

Harun Yahya, *Penciptaan Alam Semesta*, Bandung: Dzikra, 2004.

__________, *Keajaiban Flora dan Fauna*, Bandung: Dzikra, 2004.

__________, *Kesempurnaan Seni Warna Ilahi*, Bandung: Dzikra, 2004.

__________, *Mengenal Allah Lewat Akal, Membongkar Kesalahan Paham Materialisme*, Jakarta: Rabbani Press, 2001.

Hawking, Stephen, dan Leonard Mlodinow, *The Grand Design* (terj.), Jakarta: Gramedia, 2011.

Imamkhasani, Soemanto, *Spektroskopi Ultraviolet–Tampak*, Bandung: Bina Laboratorium, 2013.

al-Jerrahi, Tosun Bayrak, *Asmaul Husna*, Jakarta: P.T. Serambi Ilmu Semesta, 2007.

National Geographic, *100 Scientific Discoveries that Changed the World*, Washington DC: t.p., 2012.

Al-Qur'an dan Terjemahannya, Semarang: an-Nur, 1988.

Al-Qur'anul Karim, Miracle, The Reference, Bandung: Sygma Publishing, 2010.

Quṭb, Sayyid, *Fī Ẓilāl Al-Qur'ān*, Jakarta: Gema Insani, 2002.

Setiawan, Sandi, *Theory of Everything: Gelegar Teori Pamungkas tentang Semesta Alam*, Yogyakarta: Andi Offset, 1991.

Supriyanto, *Perambatan Gelombang Elektromagnetik*, Jakarta: Departemen Fisika FMIPA Universitas Indonesia, 2007.

Tae-kwan, Kim, *The History of Science, volume 3*, (terj.), Jakarta: Gramedia, 2007.

Taslaman, Caner, *Miracle of the Qur'an* (terj.), Bandung: Mizan, 2010.

Thayyarah, Nadiah, *Buku Pintar Sains dalam Al-Quran* (terj.), Jakarta: Zaman, 2013.

Tim Penyusun, *Air dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains,* Jakarta: Kementerian Agama RI, 2011.

__________, *Penciptaan Jagad Raya dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*, Jakarta: Kementerian Agama RI, 2010.

__________, *Tumbuhan dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*, Jakarta: Kementerian Agama RI, 2011.

Wiyatmo, Yusman, *Misteri Lubang Hitam: Fenomena-fenomena Eksotis Hasil Singkapan para Fisikawan Post-Modern*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2004.

Internet, Komunikasi Pribadi, DVD, dan TV:

http://biolum.tumblr.com

http://en.wikipedia.org

http://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_radiation

http://en.wikipedia.org/wiki/Gamma_rays

http://en.wikipedia.org/wiki/Infrared

http://en.wikipedia.org/wiki/Light

http://en.wikipedia.org/wiki/Microwaves

http://en.wikipedia.org/wiki/Radio_waves

http://en.wikipedia.org/wiki/Ultraviolet

http://en.wikipedia.org/wiki/X-rays

http://sainsforhuman.blogspot.com/2013/11/apa-itu-sinar-gamma-sumbernya-manfaat.html#sthash.mEEtyTyK.dpuf

http://www.education.nationalgeographic.com

http://www.extrememarine.org.uk

http://www.homeforswap.com

http://www.mycenachlorophanos-blog.mycology.cornell. edu

http://www.nat.geo.com

http://www.newswatch.nationalgeographic.com

http://www.wits.ac.za

Komunikasi pribadi dengan Totok Sabar di Bandung, 2011.

Lachman, M., dan R. Whippman, *The Sun, the Moon* (DVD), BBC.

Subowo, Wiwik, *Gelombang Elektromagnetik*, Ceramah Ilmiah–TV, 2010. []

INDEKS

A

B

N

O

P